

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

**Untersuchungen zur Früherkennung von  
Kälberkrankheiten anhand des  
Nahrungsaufnahmeverhaltens und der Aktivität**

Von Matthias Volker Peschke  
aus Nürnberg

München 2017

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Dr. M. H. Erhard  
Mitbetreuung durch Dr. Elke Rauch

Angefertigt an der Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Tierhaltung und Landtechnik  
Prof.-Dürrwächter- Platz 2  
85586 Poing  
Mentor: Prof. Dr. Klaus Reiter

**Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, PhD

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael H. Erhard

Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Rolf Mansfeld

Tag der Promotion: 29.07.2017

*Meiner Familie*



**INHALTSVERZEICHNIS**

INHALTSVERZEICHNIS.....	VI
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	X
VERZEICHNIS DER TABELLEN .....	XIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	XV
<b>I EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>II LITERATURÜBERSICHT.....</b>	<b>3</b>
1. TRÄNKEAUFNAHME .....	3
1.1 <i>Saugverhalten an der Kuh</i> .....	3
1.1.1 Zitzensuche .....	3
1.1.2 Saugstellung .....	4
1.1.3 Der Saugakt .....	4
1.1.4 Tagesrhythmus.....	4
1.1.5 Saugfrequenz .....	5
1.1.6 Saugdauer .....	6
1.2 <i>Tränkeverhalten am Automaten</i> .....	7
1.2.1 Ablauf der Tränkeaufnahme .....	7
1.2.2 Besuchsfrequenz.....	8
1.2.3 Sauggeschwindigkeit.....	8
1.2.4 Saugverhalten .....	8
2. FUTTERAUFNAHME.....	10
3. WASSERAUFNAHME .....	13
4. KÄLBERVERHALTEN .....	17
5. GEWICHTSENTWICKLUNG.....	20
6. KÄLBERKRANKHEITEN .....	23
6.1 <i>Prädisponierende Faktoren für die Erkrankung von Kälbern</i> .....	23
6.2 <i>Durchfall</i> .....	24
6.3 <i>Erkrankungen der Atemwege</i> .....	28
6.4 <i>Erkrankungen des Nabels</i> .....	30
<b>III TIERE, MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>33</b>
1. VERSUCHSSTANDORT .....	33
2. TIERE .....	33
3. HALTUNGSVERFAHREN .....	34
4. DATENERHEBUNG UND ERFASSUNG DER VERSUCHSPARAMETER .....	37
4.1 <i>Stammdaten</i> .....	38
4.2 <i>Fütterung</i> .....	39
4.2.1 Milchtränke .....	39
4.2.2 Kraftfutter am Automaten .....	41
4.2.3 Rauhfutter .....	41

4.2.4	Weitere Futtermittel .....	42
4.2.5	Wasser .....	42
4.3	<i>Aktivitäts- und Ruheverhalten</i> .....	42
4.4	<i>Körpergewicht</i> .....	46
4.5	<i>Gesundheitsmanagement</i> .....	47
4.5.1	Regelmäßige Untersuchungen .....	47
4.5.2	Prophylaxe .....	48
4.6	<i>Körpertemperatur</i> .....	49
4.7	<i>Datenaufbereitung</i> .....	50
5.	STATISTISCHE AUSWERTUNG .....	51
<b>IV</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>54</b>
1.	ÜBERBLICK ÜBER DIE ERHOBENEN DATEN .....	54
1.1	<i>Datengrundlage</i> .....	54
1.2	<i>Verteilung der Geschlechter</i> .....	54
1.3	<i>Einstellungsalter</i> .....	54
1.4	<i>Verweildauer am Automaten</i> .....	55
1.5	<i>Gewichtsentwicklung</i> .....	55
1.6	<i>Erkrankungen</i> .....	56
2.	TRÄNKE .....	57
2.1	<i>Tränkeaufnahme gesunder Kälber</i> .....	57
2.1.1	Einfluss des Geschlechtes auf die Tränkeaufnahme .....	58
2.1.2	Einfluss des Gewichtes auf die Tränkeaufnahme .....	59
2.1.3	Erstellung einer Eichkurve .....	61
2.2	<i>Tränkeaufnahme kranker Kälber</i> .....	62
2.2.1	Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei allen Erkrankungen .....	62
2.2.2	Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei den einzelnen Erkrankungen .....	64
2.3	<i>Eignung der Tränkeaufnahme zur Krankheitsfrüherkennung</i> .....	66
3.	KRAFTFUTTER .....	67
3.1	<i>Kraftfutteraufnahmen gesunder Kälber</i> .....	67
3.1.1	Einfluss des Geschlechtes auf die Kraftfutteraufnahme .....	67
3.1.2	Einfluss des Gewichtes auf die Kraftfutteraufnahme .....	68
3.1.3	Erstellung einer Eichkurve .....	70
3.2	<i>Kraftfutteraufnahme kranker Kälber</i> .....	72
3.2.1	Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei allen Erkrankungen .....	72
3.2.2	Prozentuale Abweichung von kranken Tieren bei einzelnen Erkrankungen .....	73
3.3	<i>Eignung der Kraftfutteraufnahme zur Früherkennung</i> .....	75
4.	WASSERAUFNAHME .....	76
4.1	<i>Wasseraufnahme gesunder Kälber</i> .....	76
4.1.1	Einfluss des Geschlechtes auf die Wasseraufnahme .....	76
4.1.2	Einfluss des Gewichtes auf die Wasseraufnahme .....	77

4.1.3	Erstellung einer Eichkurve .....	79
4.2	Wasseraufnahme kranker Tiere .....	81
4.2.1	Prozentualer Abweichung der kranken Tiere über alle Erkrankung.....	81
4.2.2	Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei einzelnen Erkrankungen.....	82
4.3	Eignung der Wasseraufnahme zur Früherkennung .....	84
5.	TAGESSCHRITZAHN .....	86
5.1	Tagesschritte gesunder Kälber .....	86
5.1.1	Einfluss von Alter und Geschlecht auf die Schrittzahl .....	86
5.1.2	Einfluss des Gewichtes auf die Tagesschrittzahl .....	87
5.1.3	Erstellung der Eichkurve .....	89
5.2	Schrittzahl kranker Kälber .....	89
5.2.1	Prozentualer Abweichung der kranken Tiere über alle Erkrankung.....	90
5.2.2	Prozentuale Abweichung kranker Tiere bei einzelnen Erkrankungen.....	91
5.3	Eignung der Schrittzahl zur Früherkennung .....	93
6.	ERSTELLUNG EINES ALARMSYSTEMS .....	94
6.1	Definition geeigneter Grenzwerte .....	94
6.2	Testzeitraum.....	95
6.3	Alarmsysteme .....	96
6.4	Verteilung der Alarmcodes bei den einzelnen Alarmsystemen.....	97
6.5	Überprüfung der Genauigkeit der Alarmsysteme.....	98
6.6	Einfluss des Grenzwertes auf die Genauigkeit der Alarmsysteme .....	99
6.7	Empfehlung eines Alarmsystems für die Praxis .....	100
V	DISKUSSION .....	102
1.	QUALITÄT DER DATEN.....	102
1.1	Management.....	103
1.2	Tierbeurteilung .....	104
1.3	Auswertungszeitraum .....	104
1.4	Gewichtsentwicklung .....	105
1.5	Messung der Körperkerntemperatur.....	106
1.6	Definition von kranken Tieren .....	107
1.7	Behandlungszeitpunkt .....	108
2.	TRÄNKE.....	108
2.1	Einfluss des Gewichtes und Geschlechtes.....	108
2.2	Eichkurve .....	110
2.3	Prozentuale Abweichung.....	110
2.4	Empfindlichkeit.....	111
3.	KRAFTFUTTER .....	112
3.1	Einfluss des Geschlechts .....	112
3.2	Eichkurve .....	114

3.3	Prozentuale Abweichung.....	114
3.4	Empfindlichkeit.....	116
4.	WASSER.....	116
4.1	Einfluss des Geschlechtes und des Gewichtes .....	116
4.2	Eichkurve .....	117
4.3	Prozentuale Abweichung.....	118
4.4	Empfindlichkeit der Wasseraufnahmen .....	118
5.	TAGESSCHRITZAHN .....	118
5.1	Einfluss von Gewicht und Geschlecht .....	118
5.2	Eichkurve .....	119
5.3	Prozentuale Abweichung.....	119
5.4	Empfindlichkeit.....	120
6.	TESTSYSTEM.....	120
6.1	Definition von Grenzwerten.....	120
6.2	Testzeitraum.....	121
6.3	Alarmsysteme und Genauigkeit.....	121
6.4	Empfehlung für die Praxis.....	123
6.5	Schlussfolgerung.....	124
VI	ZUSAMMENFASSUNG .....	125
VII	SUMMARY .....	127
VIII	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG / DECLARATION ON OATH.....	129
IX	LITERATURVERZEICHNIS.....	130
X	ANHANG .....	152
	LEBENSLOUF .....	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.
XI	DANKSAGUNG .....	164

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1:	Außenklimaställe für Kälber in Grub	S.33
Abbildung 2	Einzeliglu für Kälber mit Eimertränke	S.34
Abbildung 3	Schematische Darstellung der Einteilung der Kälberställe	S.35
Abbildung 4	Anordnung der Kälberstände für die Tränke-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme je Kälberbox ohne calf protector	S.40
Abbildung 5	ALT - Pedomereinheit zur Aktivitätsmessung	S.43
Abbildung 6	Kalb mit Pedometer am rechten Vorderfuß	S.44
Abbildung 7	Blockschaltbild des Pedometersystems	S.45
Abbildung 8	Elektronische Kälberwaage mit Auslesem modul IX200 der Firma DATA SCALES	S.47
Abbildung 9	Saugnuckel für die Tränkeaufnahme mit integriertem automatischen Fiebermesssystem	S.50
Abbildung 10	Streudiagramm der täglichen Tränkeaufnahme in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht	S.59
Abbildung 11:	Streudiagramm der täglichen Tränkeaufnahme in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht	S.60
Abbildung 12:	Streudiagramm der täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht	S.61
Abbildung 13:	Verlauf der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter	S.62
Abbildung 14:	Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht von kranken Tieren im Verhältnis zu den gesunden Tieren über alle Krankheiten	S.63

- Abbildung 15: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt, Gastrointestinaltrakt und Nabel S.65
- Abbildung 16: Streudiagramm der täglichen Kraftfutteraufnahme in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht S.68
- Abbildung 17: Streudiagramm der täglichen Kraftfutteraufnahme in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht S.69
- Abbildung 18: Streudiagramm der täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht S.70
- Abbildung 19: Verlauf der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter S.71
- Abbildung 20: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über alle Erkrankungen S.72
- Abbildung 21: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt, Gastrointestinaltrakt und Nabel S.74
- Abbildung 22: Streudiagramm der täglichen Wasseraufnahme in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht S.77
- Abbildung 23: Streudiagramm der täglichen Wasseraufnahme in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht S.78
- Abbildung 24: Streudiagramm der täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht S.79

- Abbildung 25: Verlauf der mittleren täglichen Wasseraufnahme pro kg. S.81  
metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter
- Abbildung 26: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen S.82  
Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der  
kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über alle  
Erkrankungen
- Abbildung 27: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen S.84  
Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der  
kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über  
Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt, Gastrointestinaltrakt  
und Nabel
- Abbildung 28: Streudiagramm der täglichen Schrittzahl in Abhängigkeit vom S.87  
Alter, getrennt nach Geschlecht
- Abbildung 29: Streudiagramm der täglichen Schrittzahl in Abhängigkeit vom S.88  
Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht
- Abbildung 30: Verlauf der mittleren täglichen Schrittzahl in Abhängigkeit S.89  
vom Alter
- Abbildung 31: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen S.90  
Schrittzahl der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden  
Tieren über alle Erkrankungen
- Abbildung 32: Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen S.93  
Schrittzahl der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden  
Tieren über Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt,  
Gastrointestinaltrakt und Nabel

**VERZEICHNIS DER TABELLEN**

Tabelle 1	Angaben zur Dauer von der Geburt der Kälber bis zum ersten Stehen	S.17
Tabelle 2	Verteilung der Kälber auf die einzelnen Haltungsverfahren nach Geschlecht	S.36
Tabelle 3	Überblick über erhobene Daten (Parameter, technische Ausstattung, Zeitpunkt der Erfassung)	S.37
Tabelle 4	Beurteilungskriterien des Allgemeinzustandes der Kälber (Vitalitätscode)	S.48
Tabelle 5	Prophylaktische Impfmaßnahmen im Versuchsgut Grub	S.49
Tabelle 6	Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Tränkeaufnahme nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)	S.64
Tabelle 7	AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Tränkeaufnahme über den Zeitraum fünf Tage vor der Behandlung bis zum Behandlungstag	S.66
Tabelle 8	Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Kraftfutteraufnahme nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)	S.73
Tabelle 9	AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Kraftfutteraufnahme über den Zeitraum fünf Tage vor der Behandlung bis zum Behandlungstag	S.75
Tabelle 10	Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Wasseraufnahme nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)	S.83
Tabelle 11	AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Wasseraufnahme über den Zeitraum fünf Tage vor der Behandlung bis zum Behandlungstag	S.85



Tabelle 12	Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Schrittzahl nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)	S.91
Tabelle 13	AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Schrittzahl über den Zeitraum fünf Tage vor der Behandlung bis zum Behandlungstag	S.93
Tabelle 14	Verwendete Codes zur Einteilung der täglichen Platzierung der täglichen Schrittzahl und Milchaufnahme oberhalb oder unterhalb des jeweiligen Grenzwertes	S.97
Tabelle 15	Falsch-positive und falsch-negative Beobachtungen der kranken und gesunden Kälber bei einem Grenzwert von 5864 Schritten pro Tag und 6,5 l Milch mit ihrem positiv predictive value	S.99
Tabelle 16	Falsch-positive und falsch-negative Beobachtungen der kranken und gesunden Kälber bei einem Grenzwert von 5000 Schritten pro Tag und 6,0 l Milch mit ihrem positiv predictive value	S.100

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
AUC	Area under Curve (Fläche unter der ROC-Kurve)
ca.	circa
cm	Zentimeter
d	Tag
d.h.	das heißt
ELISA	Enzym-linked immunosorbent Assay
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
GIT	Gastrointestinaltrakt
HI-Tier	Herkunftsicherungs- und Informationssicherung für Tiere (Datenbank)
ILT	Institut für Landtechnik und Tierhaltung
i.m.	intramuskulär
kg	Kilogramm
KGW	Körpergewicht
KV	Kontinuierliches Belegungsverfahren
l	Liter
LfL	Landesanstalt für Landwirtschaft
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
max.	Maximal
ME	Metabolische Energie
met.	Metabolisch
min	Minimal
N / n	Anzahl
o.a.	oben angeführt
p.p.	post partum (= nach der Geburt)
ROC	Receiver operating characteristic
RRV	Rein-Raus-Verfahren
Σ	Summe
s.c.	sub cutan (= unter die Haut)
Tab.	Tabelle
tägl.	Täglich
TGD	Tiergesundheitsdienst
u.a.	und andere
v.a.	vor allem

z.B.        zum Beispiel

z.T.        zum Teil

## **I Einleitung**

„Gesunde Kälber – Gesunde Rinder“, dieser kurze, aber prägnante Titel zielt das Buch von Ludwig Schrag (1980), in dem es um Erkennung, Vorbeugung und Therapie der wichtigsten Krankheiten in Kälbermast und –aufzucht geht. Was sich so schnell liest und einfach anhört, bedeutet aber in Wirklichkeit eine große Anstrengung für Landwirte, wenn ihre Kälber in der Aufzuchtphase gesund bleiben sollen. Aufgrund wachsender Bestandsgrößen und damit wachsender Kälberzahlen wird es in diesem Punkt für den einzelnen Landwirt immer schwieriger die Gesundheit seiner Kälber aufrecht zu erhalten. Oft klagen Landwirte über plötzlich einsetzende Erkrankungswellen der klassischen Kälberkrankheiten Durchfall und Bronchopneumonie, die nach und nach den ganzen Bestand befallen können. Diese Krankheiten können mitunter sehr schnell zum Tod des betroffenen Tieres führen und gelten auch als die häufigsten Ursachen für Kälberverluste nach der Geburt (CRAMER et al., 2016). In der Literatur werden Kälberverluste von 10 % und mehr angeführt, gute Betriebe liegen darunter, sehr gute Betriebe bei einem Niveau von etwa 5 %.

Ein hoher Verlust an Kälbern bedeutet für den Landwirt große wirtschaftliche Einbußen, die sich in kurz-, mittel- und langfristigen Zeiträumen zeigen. Kurzfristig zeigen sich die Verluste durch Ausfallen der Erlöse aus dem Verkauf männlicher und/oder weiblicher Tiere zur Mast, durch Ausfallen der Erlöse aus dem Verkauf weiblicher Tiere in andere Betriebe, durch den Zukauf von Ersatztieren und durch die tierärztlichen Behandlungskosten. Mittelfristig müssen für die durch Krankheit stark geschwächten Tiere längere Aufzuchtphasen und höhere Futterkosten veranschlagt werden, was den Gewinn im Vergleich zu gesunden Tieren schmälert (LÜHRMANN, 2010). Langfristig führt der Abgang der weiblichen Kälber, die für die Nachzucht bestimmt waren, zum Wegfall der aufgrund der Abstammung zu erwartenden Milchleistung. Das züchterische Potential der Herde wird „ausgebremst“. Zugekaufte Tiere können diese Lücke kaum schließen.

Kranke Kälber fallen dem Landwirt erst auf, wenn sich das Nahrungsaufnahmeverhalten der Kälber deutlich verändert und die Kälber klinische Symptome wie Trinkunlust, Husten, Durchfall, Fieber u.a. zeigen.

Betroffenen Tiere sollten zügig behandelt werden, da sonst die Therapie dieser Krankheiten oft langwierig und schwierig werden kann, z. T. können auch Rückfälle mit dauerhafter (chronischer) Schwächung und Todesfolge auftreten.

Computergestützte Kälberfütterung soll dem Landwirt bei der Aufzucht seiner Kälber helfen und ihm Hinweise auf nahende Probleme oder Krankheiten liefern, damit er möglichst schnell Gegenmaßnahmen ergreifen kann. Als Vorteil der rechnergesteuerten Fütterung gilt, dass für den Landwirt Arbeiten in Vorbereitung und Verfütterung der Tränke wegfallen, weil die Tiere stets Tränke in gleicher Temperatur und Konzentration und in einer dem individuellen Wachstum angepassten Menge erhalten (PIRKELMANN, 1992; DEININGER und KÄCK, 1999). Die somit frei werdende Arbeitszeit kann der Landwirt für andere anstehenden Arbeiten verwenden.

Nachteilig für den Landwirt ist der erhebliche zeitliche Mehraufwand bei Beobachtung und Kontrolle der Kälber, weil er das Tränkeverhalten der Kälber nicht mehr unmittelbar verfolgen kann, und bei der Auswertung der erhobenen Daten am Rechner (HAMMER, 1990).

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Ursachen von Kälberverlusten bei Milchkühen und Möglichkeiten zur Reduzierung“ (im Weiteren nur noch Forschungsprojekt genannt), das von Frühjahr 2006 bis Frühjahr 2008 durch das Institut für Tierhaltung und Tierschutz der Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub durchgeführt und durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert wurde, wurden auch Daten im Bereich des Nahrungsaufnahmeverhaltens und der Aktivität erhoben, die als Grundlage dieser Arbeit verwendet wurden.

Ziel dieser Arbeit war es, zu überprüfen, ob sich in der Inkubationszeit, also in den Tagen vor dem Auftreten klinischer Symptome und der Behandlung erkrankter Tiere das Nahrungsaufnahmeverhalten und die Aktivität der Kälber signifikant zum Verhalten der gesunden Tiere verändert und ob diese Veränderungen zur Vorhersage eines Krankheitsausbruches geeignet sind. Der Bereich Nahrungsaufnahmeverhalten umfasst die Aufnahme von Tränke (Milch oder Milchaustauscher), von Kraftfutter und von Wasser.

## **II Literaturübersicht**

### **1. Tränkeaufnahme**

#### **1.1 Saugverhalten an der Kuh**

Bei Wildwiederkäuern oder bei Mutterkuhhaltungen ist die Kuh für die Aufzucht ihres Kalbes verantwortlich. Sie bietet ihm Nahrung und Schutz, welche für das Überleben des Kalbes wichtig sind. Kuh und Kalb müssen sich an diese höchst ungleiche Partnerschaft anpassen (PORZIG, 1991). Die so entstandene Mutter-Kind-Beziehung ermöglicht zum einen die elterliche Fürsorge, zum anderen sammelt das Kalb dadurch Erfahrungen und entwickelt ein feines Verständigungssystem (PORZIG, 1991). Nach HUDSON und MULLORD (1977) reichen 5 Minuten zur Prägung des Kalbes auf die Mutter aus. Nach ca. vier Tagen erkennt das Kalb die Mutter an der Stimme (PORZIG, 1991).

##### **1.1.1 Zitzensuche**

In den ersten Lebenstagen müssen sich die Kälber energisch um ihre Milch bemühen. Dazu dient das Aufsuchen der Milchquelle und das wiederholte Stoßen an der Milchquelle (PORZIG, 1991).

Am Anfang bestimmen vor allem taktile Reize das Auffinden des Euters. Das Kalb nähert sich in einem spitzen Winkel der Körperachse der Mutter und sucht das Euter nach einem angeborenen Mechanismus in einem waagrechten und einem senkrechten Teil des mütterlichen Körpers (SELMAN et al., 1970; BROOM, 1983; PORZIG, 1991).

HAFEZ und LINEWEAVER (1968) und BROOM (1983) konnten beobachten, dass neugeborene Kälber sich durch Nasereiben, Stoßen und Lecken bis zur Zitze vorarbeiten, während ältere Tiere sich eher auf ihr Sehvermögen verlassen. Die Kuh bleibt dabei ruhig stehen oder unterstützt das Kalb bei der Eutersuche durch Schubsen mit dem Kopf in Richtung Euter, Beinanheben und Präsentieren des Euters (SELMAN et al., 1970).

Kälber nehmen ihre Milch im Stehen auf (PORZIG, 1991). In dieser Position kommen sie mit den weichen Körperteilen der Kuh in Kontakt und suchen jede Körpereinbuchtung ab, die sich ihnen bietet. Sie führen erste Suchbewegungen an der vorderen Körper- oder an der Bauchregion der Mutter durch. Nach spätestens

15 Minuten hat das Kalb das Euter gefunden und beginnt mit dem Saugakt (REINHARDT und REINHARDT, 1981).

### **1.1.2 Saugstellung**

Das Kalb nimmt zum Saugen die vekehrtparallele Stellung ein. Seine Mutter erkennt das Kalb schon relativ schnell nach der Geburt am Geruch. Nach ca. vier Tagen erkennt das Kalb ihre Stimme, ab dem achten Tag erkennt es seine Mutter aus 30-50 Meter Entfernung am Aussehen (KOCH, 1968). Bei der Kuh findet die Kalberkennung mit den gleichen Methoden statt, allerdings schneller als beim Kalb SAMBRAUS (1990a).

### **1.1.3 Der Saugakt**

Nach einigen Kopfstößen in das Euter beginnt das Kalb mit dem Saugen. Es werden abwechselnd alle vier Zitzen besaugt, wobei bei zunehmender Dauer des Saugvorgangs auch die Häufigkeit des Wechsels zunimmt.

Der Mechanismus des physiologischen Saugaktes ist immer gleich, egal ob das Kalb an einer Zitze, an einem Gummisauger oder an Gegenständen oder anderen Tieren in der Bucht saugt. Er besteht aus zwei Phasen: In der ersten Phase vergrößert das Kalb das Mundraumvolumen und baut somit einen Unterdruck auf die Zitze auf. In der zweiten Phase presst das Kalb die Zunge wellenförmig an den Gaumen. Diese mechanische Bewegung führt zum Auspressen der Zitze und zum Milchentzug. Die Milch wird anschließend abgeschluckt (HAPPEL, 1963). Das zeitliche Verhältnis zwischen Schluckakt und Saugdauer liegt bei 1:2 (VENNMANN, 1953).

### **1.1.4 Tagesrhythmus**

Die Kälber nehmen ihre Tränke über den ganzen Tag verteilt auf. Nach SAMBRAUS und STEINEL (1978) unterliegt das Tränkeverhalten einer Tagesrhythmik, die durch die Gesamtaktivität der Herde bestimmt wird. Die Autoren beobachteten weiterhin, dass Tagesbeginn und Jahreszeit großen Einfluss auf die Herde nehmen. Sie konnten alle Kälber kurz nach Tagesanbruch beim Saugen beobachten, noch vor der ersten Fressperiode. Weiterhin stellten sie fest, dass die Anzahl der Saugakte um die Mittagszeit leicht zunahm. Ein weiterer deutlicher Anstieg lies sich am Spätnachmittag verzeichnen. Nachts waren kaum

Saugakte zu beobachten.

RIESE et al. (1977) beobachteten Saugphasen von 5 bis 7 Uhr, 10 bis 11 Uhr und um 14 Uhr, 17 Uhr und 20 Uhr. Bei Tageslicht saugten die Kälber vier- bis fünfmal am Tag. Im Laufstall stellten die Autoren Hauptsaugzeiten von 10–12 Uhr, um 14 Uhr und gegen 16 Uhr fest, wobei die Kälber zwei- bis dreimal am Tag saugten.

Nach WALKER (1962) zeigte sich die Hauptsaugzeit beim Sonnenaufgang, danach gab es noch eine Tränkephase zwischen 9-12 Uhr, wobei die meisten Kälber zwischen 11 und 12 Uhr saugten. Zusätzlich konnte er Tränkephasen zwischen 15–18 Uhr und 19.30 und 20.00 Uhr feststellen, allerdings nur bei Kühen, die ihre Kälber öfter als viermal am Tag tränkten.

In den Untersuchungen von RITTER und WALSER (1965) und VITALE et al. (1986) fanden zwei Hauptsaugphasen statt, die erste zwischen 9 und 11 Uhr, die zweite zwischen 14 und 16 Uhr.

ODDE et al. (1985) beschrieben drei Hauptsaugphasen: Von 5-6 Uhr, von 10–13 Uhr und von 17-21 Uhr. In den Tagesstunden ereigneten sich deutlich mehr Saugakte als in der Nacht.

### **1.1.5 Saugfrequenz**

Die Saugfrequenz gibt an wie oft der gesamte Schluckakt pro Minute wiederholt wird. WENDT (1994) gab an, dass Kälber ihre Milch mit einer Abschluckfrequenz von 120–150 Schluckakten pro Minute zu sich nahmen. Bei SCHEUNERT (1987) wurden etwa 80–120 Schluckakte pro Minute festgestellt. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch LIDFORS und JENSEN (1988) und WOLF und RICHTER (2000). Sie ermittelten eine Saugfrequenz von etwa 70-110 Saugakte pro Minute.

Nach Meinung mancher Autoren kann die Saugfrequenz von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden.

DAY et al. (1987) stellten einen Einfluss der Milchleistung des Muttertieres auf die Saugfrequenz des Kalbes fest. Bei einer hohen Milchleistung der Mutter dauert der einzelne Saugakt des Kalbes länger als bei Kälbern, deren Mütter eine geringe Milchleistung hatten. Dafür saugten Kälber, deren Mütter eine geringere



Milchleistung hatten mit einer höheren Saugfrequenz.

### **1.1.6 Saugdauer**

Die Saugdauer beschreibt die Zeitspanne, die ein Kalb braucht, um sich satt zu trinken.

In den Untersuchungen von SCHLOETH (1958); HUTCHISON et al. (1962); WALKER (1962); HAFEZ und LINEWEAVER (1968); SCHEURMANN (1974) und SAMBRAUS (1990a) konnte eine Saugdauer von 8–10 Minuten ermittelt werden. Alle Autoren geben eine Gesamtsaugdauer von ca. 60 Minuten pro Tag an.

RITTER und WALSER (1965) sowie HAMANN und HEERMANN (1989) ermittelten eine Saugdauer von 5-7 Minuten. LIDFORS (1999) bestätigte dieses Ergebnis. In ihren Untersuchungen saugten die Kälber durchschnittlich 7,2 Minuten bei 2,09 Saugakten pro Tag.

RIESE et al. (1977) stellen eine Saugdauer von 8 bis 16 Minuten fest.

ODDE et al. (1985) untersuchten auch die Gesamtsaugdauer der Kälber. Sie stellten fest, dass die Kälber 46 Minuten am Tag an ihren Müttern saugten.

Zwei bis drei Tage alte Kälber saufen sechs- bis achtmal pro Tag am Euter ihrer Mütter (SCHLOETH, 1958; SCHEURMANN, 1974), das Maximum kann sogar elfmal pro Tag betragen (HAFEZ und LINEWEAVER, 1968). Je älter ein Kalb wird, desto weniger Saugvorgänge finden statt. Bis zum 30. Lebenstag nimmt die Saugzeit je Saugvorgang zu, danach wird dieses Verhalten bis zum 120. Lebenstag beibehalten (NICOL und SHARAFELDIN, 1975). LIDFORS und JENSEN (1988) gaben an, dass Kälber im Alter von einem Monat acht- bis zehnmal pro Tag an ihrer Mutter saugten, im Alter von sieben bis neun Monaten nur noch ein- bis zweimal am Tag.

Mit zunehmenden Alter sinkt auch die Gesamtsaugdauer pro Tag von anfangs ca. 60 Minuten auf ca. 20 Minuten mit sechs Monaten (SCHLOETH, 1958; HAFEZ und LINEWEAVER, 1968; SCHEURMANN, 1974; SAMBRAUS, 1990b). Nach ODDE et al. (1985) beträgt die Gesamtsaugdauer 46 Minuten am Tag.

## 1.2 Tränkeverhalten am Automaten

Das Trinken der Kälber an dem Fütterungsautomaten muss ebenso erlernt werden wie das Saufen an dem mütterlichen Euter. Bei Mutterkuhhaltungen oder in der freien Wildbahn ergreift das Kalb die Initiative zum Saufen am Euter des Muttertieres (SAMBRAUS, 1990b). Dieses Nahrungsaufnahmeverhalten des Kalbes muss ausgenutzt werden, um die Kälber an die Fütterung über den Automaten zu gewöhnen. Nach BÜSCHER und KÄCK (1995) geht das bei zwei bis drei Tage alten Kälbern unerwartet schnell. Auch bei SCHLICHTING (1993) fand eine schnelle Gewöhnung an den Automaten statt. BROUCEK et al. (1994) fanden heraus, dass sich die Anpassung der Kälber an die automatische Fütterung mit zunehmendem Alter verlangsamt, die Tiere also mehr Hilfe bei der Eingewöhnung benötigten. Als optimales Alter gaben sie neun Tage an.

Der Landwirt legt mit Hilfe eines Fütterungsprogramms am Automaten fest, wann und wie viel Tränke ein Kalb vom Automaten zugeteilt bekommt. KIRCHGEßNER (2008) fand heraus, dass es aus ernährungsphysiologischer Sicht am besten ist Kälbern mehrmals am Tag kleinere Portionen anzubieten, als nur zwei- bis dreimal am Tag. Auch ZAREMBA und HEUWIESER (1984) bevorzugten die Fütterung mehrere kleinerer Portionen über den Tag verteilt. Sie konnten damit nachweisen, dass die Durchfallsanfälligkeit der Kälber bei ad libitum Fütterung sank.

Das Trinkverhalten der Kälber ist sehr individuell. Ein Teil der Kälber trinkt schnell, ein anderer Teil unterbricht sehr häufig die Milchaufnahme und schaut untätig herum (PORZIG, 1991).

### 1.2.1 Ablauf der Tränkeaufnahme

Wenn ein Kalb den Tränkestand betritt, überprüft der Rechner welchen Status das Kalb hat. Hat das Kalb Anrecht auf Tränke, so definiert der Automat den Status als „Besuch mit Tränkeanspruch“, das Kalb kann die noch ausstehende Menge Tränke aus dem Sauger herausaugen. Hat das Kalb aber schon seine Tagesration vollständig abgerufen, dann definiert der Automaten den Status des Tieres als „Besuch ohne Tränkeanspruch“ und es bekommt keine weitere Tränke mehr (MEISINGER, 1998).

### 1.2.2 Besuchsfrequenz

Nach HAFEZ und LINEWEAVER (1968) holten sich die Kälber bis 55 mal pro Tag ihre Milch am Automaten ab, wobei die Kälber in der ersten Lebenswoche im Mittel 28,7 mal und in der fünften Lebenswoche 15,4 Mal am Automaten erschienen. PIRKELMANN (1994) stellte beim jungen Kalb eine Besuchsfrequenz von sechs bis zehn Besuchen pro Tag fest. FRIDAG und GORITZ (1995) fanden heraus, dass sich die Besuchsfrequenz der Kälber in den ersten Lebenstagen verändert. Kälber im Alter von 1,5 bis 2,5 Tagen kamen durchschnittlich acht Mal zum Trinken an den Automaten. Im Alter von 3,5 Tagen kamen sie fünfmal und bei einem Alter von acht Tagen und mehr kamen sie sechsmal zum Trinken an den Automaten. LINDEMANN et al. (1993) gaben eine Besuchshäufigkeit von sieben bis zehn Besuchen pro Tag an. BORDERAS et al. (2009b) stellten den Einfluss des Tränkeregimes in Bezug auf die Besuchsfrequenz dar. In ihren Untersuchungen besuchten restriktiv gefütterte Kälber den Tränkeautomaten häufiger als nicht restriktiv gefütterte Kälber, wobei sie auch am Automat saugten um weitere Milch aufzunehmen.

### 1.2.3 Sauggeschwindigkeit

Die Sauggeschwindigkeit ist abhängig vom Alter der Tiere und von der Saugeröffnung. Sowohl PIRKELMANN (1981) als auch AURICH und WEBER (1993) stellten fest, dass die Sauggeschwindigkeit zunahm je größer die Saugeröffnung und je kleiner der entstehende Saugwiderstand wurde. LINDEMANN et al. (1993) und MEISINGER (1998) fanden heraus, dass die Tiere mit zunehmendem Alter auch schneller tranken.

### 1.2.4 Saugverhalten

Auch das Verhalten der Kälber nach dem Saugen wird maßgeblich durch die Art des Saugers und den Durchmesser seiner Öffnung bestimmt. GRAF et al. (1989) stellten fest, dass eine kleine Saugeröffnung zu einer längeren Saugdauer führt und damit das Risiko des Ersatzsaugens an anderen Buchtgenossen verringert. AHMED (1987) fand heraus, dass ein kleiner Saugerdurchmesser zu mehr Liegezeit der Kälber führte, die Kälber insgesamt ruhiger waren.

Die angebotene Milchmenge beeinflusst das Tränkeaufnahmeverhalten. Nach BORDERAS et al. (2009b) besetzen Kälber, die restriktiv gefüttert werden, den

Tränkeautomaten länger als Kälber, die genug Milch zur Verfügung hatten.

Kranke Tiere nehmen die ihnen zugeteilt Tagesmenge nicht oder nur unvollständig auf (BÜNGER et al., 1988; DIRKSEN, 1990; RADEMACHER, 2007b). Die Trinkgeschwindigkeit sinkt und die Standdauer im Tränkestand nimmt zu. MEISINGER (1998) bestätigte in ihrer Arbeit, dass kranke Kälber langsamer tranken. Sie fand außerdem heraus, dass das mittlere Saugvakuum während der Tränkezuteilung und die Anzahl der Saugerwechsel nach der Tränkezuteilung sich verringerten.

KIRCHNER (1997) stellte Unterschiede bei den Parametern getrunzene bzw. restliche Milchmenge und Trinkgeschwindigkeit zwischen gesunden und kranken Kälbern fest.

EBERHARDT (2002) fand in ihren Untersuchungen heraus, dass folgende Parameter geeignet sind kranke Tier über den Automaten zu erkennen:

- Kopfstoß- und Saugerwechselaktivität während und nach der Tränkeaufnahme
- Besuchsdauer im Stand
- Aufenthalts- und Saugdauer nach erfolgter Tränkezuteilung
- Saugintensität
- Saugpausen

Sie stellte außerdem fest, dass die einzelnen Parameter in Abhängigkeit von der Erkrankung zu- oder abnehmen können.

SVENSSON und JENSEN (2007) konnten in ihren Untersuchungen zeigen, dass erkrankte Tiere signifikant weniger häufig die Automaten aufsuchten, wobei die Trinkgeschwindigkeit und die aufgenommene Milchmenge pro Tag nicht durch die Erkrankung beeinflusst wurden.

BORDERAS et al. (2009a) fanden heraus, dass die angebotene Milchmenge Einfluss auf das Trinkverhalten der kranken Kälber hat. Wurde den kranken Kälbern viel Milch angeboten, so gingen die Milchaufnahme und die Besuchshäufigkeit pro Tag zurück, allerdings stieg die Verweildauer im Stand an. Wurde den Kälbern wenig Milch angeboten, so sank die Verweildauer im Stand.

SPRENG (2007) konnte mit ihren Untersuchungen belegen, dass kranke Tiere signifikante Abweichungen von den Verhaltensweisen gesunder Tiere zeigen. So stieg die Zahl der Tränkeabbrüche mit zunehmender Krankheitsschwere an, die Besuchshäufigkeit an den Automaten sank, d.h. die Tiere waren weniger aktiv. Die Aufnahme von Kraftfutter, Wasser und Heu sanken ebenfalls beim Anstieg der Krankheitsschwere, die Aufnahme von Tränke stieg interessanterweise aber an. Die Autorin gab aber zu Bedenken, dass vor allem jüngere Tiere erkranken, die vor allem Milch und noch nicht so viel Heu und Wasser aufnehmen wie ältere Tiere.

## **2. Futteraufnahme**

Das Kalb ernährt sich in den ersten Tagen von Kolostrum und Milch, infolge dessen ist sein Verdauungstrakt an diese Nahrung angepasst. Der Labmagen steht als einhöhliger Magen zum Aufschluss und Verdauung der Milch bereit, sein Fassungsvermögen beträgt gleich nach der Geburt ca. zwei Liter. Das Vormagensystem mit Pansen, Haube und Blättermagen ist zur Geburt nur als Anlage ausgebildet und hat bei Geburt ein Fassungsvermögen von insgesamt 0,75 l (BULANG, 2002). Die Milch wird nach dem Abschlucken durch Ausbildung des Schlundrinnenreflexes am Vormagensystem vorbei direkt in den Labmagen gebracht und dort mit dem Labenzym zur Gerinnung gebracht. Im nachfolgenden Dünn- und Dickdarmbereich wird das geronnene Kolostrum verdaut.

Mit der ersten Rauhfutteraufnahme beginnt die Entwicklung des Vormagensystems hin zu dem wiederkäuertypischen Verdauungstrakt. Die aufgenommenen Mengen an Heu werden im sich entwickelnden Pansen zu Essigsäure abgebaut. Diese stimuliert das Wachstum der Pansenzotten und der Pansenmucosa (WALDNER, 1998; QUIGLEY, 2001).

Im Alter von acht Wochen besitzen Vormagensystem und Labmagen ein Volumen von etwa sechs Litern. Im weiteren Verlauf wächst das Vormagensystem schneller an als der Labmagen. Im Alter von ca. zwölf Monaten ist dann die Entwicklung zum Wiederkäuer vollständig abgeschlossen (NOCI, 2010). Diese Entwicklung kann durch frühzeitiges Anbieten von Heu und Kraftfutter schon in den Einzelboxen beschleunigt werden (CARDO und MILLER, 2014).

DEININGER und KÄCK (1999) fanden heraus, dass frühzeitige Aufnahme von Kraftfutter das Wachstum des Pansens besser stimuliert als die Aufnahme von Heu. Kraftfutter wird im Pansen durch die Mikroorganismen zu Propionsäure fermentiert, die einen größeren Stimulus für das Wachstum des Pansens darstellt, als die Essigsäure, die durch Fermentation des Heus entsteht.

Voraussetzung für eine schnelle Aufschließung des aufgenommenen Futters ist zum einen ein gut entwickelter Verdauungstrakt, zum anderen der Beginn der Wiederkauaktivität.

Die Futteraufnahme vom Boden ist den Kälbern angeboren. Weidekälber beginnen schon in den ersten Lebenstagen mit dem Versuch Futteranteile vom Boden aufzunehmen. Die entsprechende Technik wird aber erst über die Zeit durch spielerische Nachahmung und den dadurch entstehenden Lerneffekt perfektioniert (PORZIG, 1991). Deshalb sollten bei Weidehaltung in einer Gruppe von Jungrindern einige ältere Tiere stehen, damit die jüngeren Kälber die Technik schneller lernen.

Die Wiederkauaktivität entwickelt sich bei Kälbern unterschiedlich schnell. MC MEEKAN (1954) stellte erste Wiederkauversuche bei Weidekälbern ab dem siebten Lebenstag fest. Bis zum 14. Lebenstag kauten 70 % (= 18 von 26 Kälbern) der beobachteten Kälber wieder, weitere sieben Kälber danach. Ein Kalb begann erst nach dem 21. Lebenstag mit dem Wiederkauen. In den Versuchen von HUTCHISON et al. (1962) ließen sich die Kälber mehr Zeit. Das erste wiederkäuende Kalb war schon 18 Tage alt. Aufgrund dieser großen Streuung empfehlen PORZIG (1991) und SAMBRAUS (1990b) Kälber erst ab dem 21. Lebenstag auf die Weide zum Gras zu lassen, damit sich das Vormagensystem tierindividuell entwickeln kann. Ihrem Erachten nach können die Kälber ab der dritten Lebenswoche das Gras sehr gut verwerten.

Bei Stallkälbern dauert die Adaptation des Vormagensystems etwas länger, nämlich durchschnittlich 25 bis 35 Tage. Dabei ist das erste Auftreten von Wiederkauversuchen abhängig von der Art und Menge der vorgelegten Ration. Eine wichtige Rolle kommt dem Gehalt an Rohfaser und Zellwandbestandteilen in der Ration zu. In den Untersuchungen von SWANSON und HARRIS (1958), in denen die Kälber immer Zugang zu ausreichend Raufutter hatten, zeigte sich die gleiche zeitliche Verteilung des Auftretens erster Wiederkauaktivität wie bei

MC MEEKAN (1954). SCHRAG (1980) und WING (1961) gaben an, dass die Kälber in ihren Versuchen schon mit 14–21 Lebenstagen erste Wiederkauaktivitäten zeigten, wobei sich allerdings die typische Vormagenmotorik erst ab der sechsten – achten Lebenswoche einstellte. Auch Kälber in den Versuchen von SANFTLEBEN et al. (2002) begannen ab dem Ende der 3. Lebenswoche mit dem Wiederkauen, allerdings begannen die ersten Weiderkauversuche drei Tage nach Vorlage einer Ration aus Heu, Maissilage und Kälberstarter.

Bei Kälbern am Tränkeautomat sollte ab der 2. Lebenswoche gutes Heu und Kraftfutter angeboten werden, um eine optimale Pansenentwicklung zu fördern (GROPP und PIRKELMANN, 1992).

Die Verzehrsaktivität der Kälber ist rhythmisch angelegt. Sie beginnen nach der Morgentränke mit der ersten Mahlzeit und fressen für ca. 2,8 Stunden Heu, Silage und Konzentrat, welche als ad libitum Fütterung angeboten wurden (RIESE et al., 1977). Weitere Fressphasen mit unterschiedlicher Dauer finden sich um die Mittagszeit, kurz vor und nach der Abendtränke und in der Nacht. Diese ist mit 15,7 Min die kürzeste (SCHAKE und RIGGS, 1970). Dieser Rhythmus wiederholt sich alle 24 Stunden. Als Rhythmusgeber funktioniert der Mensch, der seine Tiere immer zu bestimmten Zeiten trinkt und füttert. Die Häufigkeit der Futteraufnahme ist tierindividuell und beträgt für Kälber im Alter von vier bis 65 Tagen drei bis 35 mal am Tag (OLSON und WILLIAMS, 1960).

Kranke Kälber kommen eher nicht zum Trog oder bleiben sogar liegen. Die täglich zugeteilte Futtermenge wird nur zögerlich und/oder unvollständig aufgenommen (RADEMACHER, 2007b). Nach PIRKELMANN und SCHLICHTING (1992) geht bei den Erkrankungen Pneumonie und Durchfall die Aufnahme von Kraftfutter und Heu 2-3 Tage vor Auftreten der ersten Krankheitssymptome deutlich zurück. MELZIAN (2008) stellte fest, dass sich bei Milchkühen innerhalb von zehn Tagen vor Krankheitsausbruch die aufgenommene Futtermenge und auch die Fressgeschwindigkeit signifikant veränderten.

### 3. Wasseraufnahme

Der Organismus einer Kuh besteht zu ca. 60–70 % aus Wasser, Milch sogar bis 87 % (PITTGENS, 2010). Ein Großteil davon ist intrazellulär gespeichert und wird für den Transport, aber auch für Auf-, Um- und Abbau der einzelnen Stoffwechselprodukte und zur Thermoregulation benötigt. Verliert ein Körper Wasser, können die einzelnen Auf-, Um- und Abbauvorgänge kaum bzw. gar nicht mehr in vollem Umfang ablaufen und das Tier wird dadurch in seiner Gesundheit beeinträchtigt. Steigt der Wasserverlust weiter an, kann das letztlich zum Tod des Lebewesens führen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, dass die Tiere immer genügend Wasser aufnehmen.

Die Wasseraufnahme der Kälber ist abhängig von Alter und Gewicht der Tiere und zusätzlich von äußeren Faktoren wie Haltung, Klima, etc. Der Flüssigkeitsbedarf eines Kalbes liegt bei ca. 10 % seiner Körpermasse pro Tag (KLINDWORTH et al., 2005). Im ersten Lebensmonat ernähren sich Kälber vor allem von Kolostrum oder Milchtränke, was aber nach den ersten Lebenstagen nicht mehr alleine ausreicht, um den täglichen Flüssigkeitsbedarf zu decken (BOTHMER und BUDDE, 1992; RADEMACHER, 2003). Nach §11 Absatz 2 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TIERSCHNUTZTV, 2006) muss ab der zweiten Lebenswoche Kälbern frisches Wasser ad libitum angeboten werden, am besten aus einem Eimer oder einem Tränkebecken, da die Kälber das Wasser schluckweise in den Pansen trinken sollen (RADEMACHER, 2003). Kälber sollten im ersten Lebensmonat zusätzlich mindestens einen Liter Wasser pro Tag und im zweiten Lebensmonat mindestens 4 Liter Wasser pro Tag saufen. Bis zum vierten Monat steigert sich die tägliche Wasseraufnahme auf mindestens acht Liter pro Tag.

RICHTER et al. (2007) geben in ihren Untersuchungen für ein Kalb mit 50 kg Körpergewicht zehn Liter als Richtwert für den täglichen Wasserbedarf an. Bei 100 kg Körpergewicht erhöht sich der tägliche Wasserbedarf auf 13 Liter.

KASKE und KUNZ (2003) stellten in Ihren Untersuchungen fest, dass Kälber im Alter von 14 Tagen acht Liter Wasser pro Tag tranken und bis zur 20. Woche die tägliche Wasseraufnahme auf 12 Liter Wasser pro Tag steigerten.



ULBRICH et al. (2004) beziffern den Flüssigkeitsbedarf von Kälbern im ersten Lebensmonat auf acht bis zehn Liter pro Tier und Tag, der aber in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur auch ansteigen kann. PIATKOWSKI et al. (1990) kamen zu dem gleichen Ergebnis. Nach KLINDWORTH et al. (2006) sollen Kälber ab der vierten Lebenswoche zwei bis vier Liter Wasser zusätzlich aufnehmen. Bis zum dritten Lebensmonat kann der Wasserverbrauch auf 5-15 Liter pro Tier und Tag steigen.

Nach KALAYCI (2007) wird der Wasserbedarf von Kälbern nur aus dem Trinkwasser gestillt. Andere Flüssigkeiten wie Milchaustauscher und Milch sind Nährstoffträger und damit nicht im Stande den Durst zu stillen.

Die Häufigkeit des Wassersaugens ist abhängig von der Erreichbarkeit des Wassers. Bei Weidehaltung reduziert sich die Anzahl der Trinkvorgänge je weiter die Wasserquelle vom Weideplatz entfernt ist. So kann es sein, dass die Tiere nur einmal am Tag Wasser aufnehmen. Ist Wasser dauerhaft zur Verfügung, wie z.B. als Tränkebecken im Stall, so trinken die Rinder bis 20 mal am Tag. Bei erwachsenen Rindern werden pro Trinkvorgang ca. 20 - 30 Liter Wasser aufgenommen. Ein Trinkvorgang dauert beim ausgewachsenen Rind 2-3 Minuten. Je nach Futterqualität, Laktationsstand und Umgebungstemperatur können auch bis zu 100 Liter Wasser getrunken werden (SAMBRAUS, 1990b). Bei PITTGENS (2010) und LECHNER (2014) tranken die Kühe in den Sommermonaten bis zu 170 Liter Wasser am Tag.

Nach OLSON und WILLIAMS (1960) trinken Rinder bis zu sieben Mal pro Tag.

Die Dauer beträgt 8,7 Min am Tag und eine Minute in der Nacht (SCHAKE und RIGGS, 1970).

GOTTARDO et al. (2002) untersuchten den Einfluss von Trinkwasserangebot auf die weitere Entwicklung der Kälber. Die Kontrollgruppe wurde nur mit Milchaustauschertränke gefüttert, der Versuchsgruppe wurden zusätzlich stetig ansteigende Mengen Wasser angeboten. Es stellte sich heraus, dass die angebotene Menge Wasser zu einer Reduktion von nicht nutritivem oralem Verhalten führte und einen positiven Einfluss auf chronische Stressindikatoren hatte. Ansonsten bestand zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf Sauberkeit, Kotkonsistenz, Vormagenentwicklung und Fleischqualität kein Unterschied.

Nach FRIEDLI (2005) reduziert sich die Anzahl der Durchfallerkrankungen in einer Gruppe deutlich, wenn die Kälber jederzeit Wasser aufnehmen können. Dadurch können die durch Durchfallerkrankungen entstehenden Verluste an Flüssigkeit und Elektrolyten abgemildert werden.

SCHWAB (2007) und RADEMACHER (2003) geben an, dass der Gesundheitszustand der Kälber frühzeitig anhand der Trinkwasseraufnahme abgelesen werden kann. Außerdem eignet sich die aufgenommene Trinkwassermenge als Indiz für ein ausgeglichenes Vormagenmilieu, da Kälber mit schwerer Pansenazidose sehr viel Wasser trinken. WENGE et al. (2014) konnte in ihren Untersuchungen einen deutlichen Anstieg der Wasseraufnahme bei Kälber feststellen, die an Durchfall erkrankt waren.

Der Vorgang der Wasseraufnahme ist bei allen Rindern gleich: Sie tauchen zum Trinken ihr Maul einige Zentimeter ins Wasser und saugen so das Wasser hoch (SAMBRAUS, 1990b).

Wasser ist für die schnelle Pansenentwicklung wichtig. Es bildet das Milieu indem sich die Pansenbakterien gut entwickeln können und somit auch das Futter gut verwertet werden kann (FRÖHNER und REITER, 2005). Zum gleichen Ergebnis kamen auch HAMMON et al. (2002) und KLINDWORTH et al. (2005).

Nach HEPOLA et al. (2008) nehmen Kälber, die mit einer angesäuerten Tränke ad libitum gefüttert werden, wenig Wasser auf. Kurz nach dem Absetzen steigt die Wasseraufnahme sprunghaft an. Auch HUUSKONEN et al. (2011) stellten einen sprunghaften Anstieg der Wasseraufnahme kurz nach dem Absetzen fest.

HUUSKONEN et al. (2011) untersuchten den Einfluss der Wassertemperatur auf die Wasseraufnahme der Kälber. Sie stellten fest, dass Milchkälber bei einer Wassertemperatur von 16-18 °C 47 % mehr Wasser tranken als bei einer Temperatur von sechs bis acht Grad Celsius. Nach dem Absetzen setzt sich dieser Trend fort. Die Kälber, die mit warmen Wasser gefüttert wurden, tranken acht Prozent mehr als die Kälber, die mit kaltem Wasser getränkt wurden. Nach PITTGENS (2010) konnte bei Kühen kein positiver Effekt durch die Erwärmung des Wassers nachgewiesen werden. Die Kühe nahmen unabhängig von der Temperatur immer in etwa gleich viel Wasser auf. Da erwärmtes Wasser seine Wärme an die Umgebung abgibt und sich im warmen Wasser Keime schneller vermehren, hält die Autorin die Erwärmung von Wasser nicht sinnvoll.

Nach KERTZ et al. (1987) ist die Wasseraufnahme proportional, d.h. beinahe parallel zur Aufnahme an Trockenmasse. Kälber, denen Wasser vorenthalten wird, nehmen 31 % weniger Kälberstarter auf und nehmen um 38 % weniger zu (KERTZ et al., 1984).

JENNY et al. (1978) fanden heraus, dass die tägliche Wasseraufnahme von der Konzentration der Trockenmasse und dem Flüssigkeitsanteil des eingesetzten Milchaustauschers abhängt.

PITTGENS (2010) legt in ihren Ausführungen dar, dass die Wasseraufnahme bei Kühen einen direkten Einfluss auf die aufgenommenen Trockenmasse darstellt. Sinkt die Wasseraufnahme um vier bis fünf Liter, so sinkt die Menge der aufgenommenen Trockenmasse um ein Kilogramm. Das Absinken der Menge der aufgenommenen Trockenmasse wirkt sich wiederum direkt auf die Milchleistung aus. Gerade im Sommer kann das mit hohen wirtschaftlichen Verlusten verbunden sein. Die Autorin verweist auf ein Ereignis in Futterkamp, bei dem aufgrund eines kaputten Tränkesystems die Kühe für 14 Stunden kein Wasser bekamen. Aufgrund des Wassermangels nahmen die Kühe neun Prozent weniger Trockenmasse auf und zeigten am Abend einen deutlichen Milcheinbruch, obwohl die Außentemperatur zwischen 10 °C-16 °C betrug. Laut Autorin führt eine verringerte Wasseraufnahme auch zu einer verringerten Harnausscheidung. Der Harn wird dadurch stärker angesäuert, was auch bei längerem Bestehen zu Vergiftungserscheinungen führen kann. Steht längere Zeit kein Wasser zur Verfügung suchen sich Kühe andere Wasserquellen und fangen an den Harn von anderen Tieren zu trinken.

Nach PITTGENS (2010) und LECHNER (2014) haben Rinder einen guten Geruchs- und Geschmacksinn. Darum nehmen sie nur Wasser von guter Qualität auf. Steht nur Wasser von schlechter Qualität zur Verfügung, so nehmen die Kühe weniger Wasser auf und es kann zu Stoffwechselproblemen und Milchrückgang kommen. Die Autorinnen weisen auf die Notwendigkeit regelmäßiger Kontrollen der Wasserqualität hin, damit die Kühe ausreichend Wasser aufnehmen und somit ihre Leistung bringen können.

KLINDWORTH et al. (2006) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass Kälber einen Tag vor dem Ausbruch einer fiebrigen Erkrankung vermehrt Wasser tranken

als an den Vortagen. Sie weisen auf eine mögliche Verwendung der Tränkwasseraufnahme zur Gesundheitsvorsorge hin.

#### 4. Kälberverhalten

Ein gesundes Kalb beginnt bald nach seiner Geburt aufzustehen. Die Zeit, die es dafür benötigt, wird bei den einzelnen Autoren unterschiedlich dargestellt.

**Tabelle 1:** Angaben zur Dauer von der Geburt der Kälber bis zum ersten Stehen (*p.p.* = *post partum*)

Dauer bis zum ersten Stehen p.p.	Autor
10-30 Min	SCHEURMANN (1974); REINHARDT und REINHARDT (1981)
37± 47 Min	DERENBACH (1981)
55 Min	METZ und METZ (1984)
59 Min	EDWARDS (1983)

Nachdem es diesen Schritt erfolgreich gemeistert hat, begibt sich das Kalb auf Eutersuche. Hat es erst das Euter gefunden, versucht das Kalb eine Zitze in seinen Mund zu bekommen und daran zu saugen. Nach VENTORP und MICHANEK (1991) ist dieses Verhalten unmittelbar nach der Geburt eine Überlappung von verschiedenen Phasen. DERENBACH (1981) hingegen unterteilt dieses postnatale Verhalten in zwei Phasen: 1. Vom ersten Aufstehversuch bis zum ersten Auftreten von Zitzensuchbewegungen, 2. Vom ersten Auftreten von Zitzensuchbewegungen bis zu den ersten erfolgreichen Saug- und Schluckakten. MAYNTZ und SENDER (2006) unterteilen den gleichen Abschnitt sogar in 3 Phasen: 1. Direkt nach der Geburt bis der Kopf des stehenden Kalbes die Zitze zum ersten Mal berührt, 2. von der ersten Zitzenberührung des Kopfes des stehenden Kalbes bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Zitze der Länge nach im Maul des Kalbes zu liegen kommt und 3. von dem Zeitpunkt, da die Zitze der Länge nach im Maul des Kalbes liegt bis zur Aufnahme einer wesentlichen Menge Kolostrum. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass Kalb und Mutter ihre Vitalität unter Beweis stellen müssen, indem sie die Schwierigkeiten vor der Milchaufnahme beseitigen.

Nach VITALE et al. (1986) und SAMBRAUS (1990b) verbringen Kälber in den ersten Lebenstagen mehr als 75 % ihrer Zeit mit Liegen. Mit zunehmendem Alter

nimmt dieser Wert ab (CZAKO, 1967; PORZIG, 1969). Dieser Trend bestätigt sich durch die Untersuchung von KUBAEV und KUBAEVA (1989). Es stellte sich heraus, dass Kälber am ersten Lebenstag 1140 Minuten pro Tag lagen, am dritten Lebenstag aber nur noch 1054 Minuten pro Tag. Nach SCHRADER et al. (2006) verbringen Kälber bis zu einem Alter von fünf Wochen 90 % des Tages mit Liegen.

Gesunde Kälber zeichnen sich durch lebhaftes, aufmerksames Verhalten in der Gruppe aus. Dem Menschen gegenüber sind sie neugierig und interessiert oder ängstlich zurückhaltend. Durch Schwanzschlagen, Kopfschütteln oder Wedeln mit den Ohren wehren sie regelmäßig Fliegen ab. Ihrer Körperhaltung ist aufrecht und straff und alle Gliedmaßen werden gleichmäßig belastet. Bei Annäherung des Menschen stehen liegende Kälber auf oder lassen sich ohne große Mühe aufreiben (RADEMACHER, 2007b).

Nach FRÖHNER (2011) haben Kälber ein großes Bewegungsbedürfnis. In ihren Ausführungen legt sie dar, dass die körperliche und gesundheitliche Entwicklung positiv durch die Bewegung des Kalbes beeinflusst wird.

MARSH (2008) fanden heraus, dass Kälber, die an einem Automaten getränkt wurden, signifikant mehr Aktivitäten in den Bereichen des gegenseitigen Besaugens, Spielens und Fressens zeigten als andere Kälber.

Für die Erfassung der Lokomotion werden sog. Pedometer, kleine Kästchen, die an einem Bein des Tieres festgemacht werden, verwendet. Diese Kästchen zählen sowohl die Bewegung als auch die Liegezeiten und Liegepositionen des Tieres. Der Einsatz solcher Pedometer ist vor allem bei Kühen beschrieben. BAHR et al. (2003) setzten die Pedometer zur Kontrolle einer Mutterkuhherde in Mecklenburg-Vorpommern ein. Sie konnten anhand der erhobenen Daten abweichende Verhaltensmuster eines Tieres im Vergleich zu anderen Herdentieren feststellen.

EDWARDS und TOZER (2004) setzten Pedometer bei Kühen ein, um Veränderungen im Verhalten der Kühe vor einer Erkrankung festzustellen. Sie konnten zeigen, dass sich die Aktivität der kranken Kühe schon acht Tage vor Krankheitsausbruch signifikant im Verhältnis zu dem Verhalten gesunder Kühe änderte. GONZÁLEZ et al. (2008) untersuchten den Einfluss von einer Ketoseerkrankung und einer akuten oder chronischen Lahmheit auf die

Futtermittelaufnahme und auf das Fressverhalten der Kühe. Sie konnten zeigen, dass sich das Fressverhalten in den fünf bis acht Tagen vor einer Erkrankung deutlich verringerte. Auch ITLE et al. (2015) stellten deutliche Verhaltensänderungen etwa vier bis fünf Tage vor Beginn der Erkrankung fest.

BREER und BÜSCHER (2006) untersuchten die Aktivität von Kälbern mittels Pedometer. Sie stellten fest, dass die Kälber sowohl in den frühen Morgenstunden, als auch am Abend besonders aktiv waren. Des weiteren fanden sie heraus, dass die Aktivität der Kälber vom Alter, von der Länge des Tageslichtes und von Fütterungs- und Kontrollzeiten abhängig ist, die Umgebungstemperatur allerdings keinen Einfluss auf die Aktivität der Kälber besitzt. Sie stellten fest, dass die Aktivität schon frühzeitig Hinweise auf eine Erkrankung liefern kann.

BONK et al. (2013); SWARTZ et al. (2016) verglichen Auswertungen von Videoaufnahmen mit verschiedenen Aktivitätsmesssystemen. In ihren Augen stellen Pedometer eine gute und sehr zuverlässige Möglichkeit dar, das Verhalten von Kälbern automatisiert zu erfassen.

Das Verhalten von kranken Tieren steht im starken Gegensatz zu dem Verhalten von gesunden Tieren.

Kranke Tiere sind oft müde, matt, teilnahmslos oder schläfrig. Sie lassen die Ohren hängen und reagieren kaum auf bestimmte Veränderungen im Stall wie z.B. Lärm. Sie sondern sich ab, zeigen wenig Aktivität und liegen viel (RADEMACHER, 2007b). Sie vernachlässigen die Fliegenabwehr und zeigen ein stumpfes Haarkleid. Je nach Erkrankung zeigen sie typische Symptome wie Husten, aufgezogener Rücken oder ein um die Anusregion verklebtes Fell. Es sind natürlich auch Kombinationen möglich.

WHITE et al. (2012) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass kranke Kälber sich viel weniger bewegen als gesunde Kälber und über den Tag verteilt weniger Strecke zurücklegen als gesunde Kälber. Die Kälber beschränken ihr Verhalten auf die überlebenswichtigen Dinge wie die Nahrungsaufnahme, unwichtiges Laufen findet nicht mehr statt. Die Autoren fanden heraus, dass sich dieses Verhalten nach Beginn der Erkrankung über vier Tage hinzog und erst am fünften Tag wieder besser wurde.

## 5. Gewichtsentwicklung

Gesunde Kälber nehmen die ihnen angebotene Milchmenge bis zum Eintritt der Sättigung auf. Sie zeigen beim Saugen die arttypischen Verhaltensweisen. Die aufgenommene Milch wird im Gastrointestinaltrakt aufgeschlossen und die darin enthaltene Energie dem Organismus zur Verfügung gestellt. Einen Teil dieser Energie nutzt der Organismus zur Aufrechterhaltung wichtiger Stoffwechselprozesse, ein anderer Teil wird für Wachstumsprozesse bereitgestellt. Der Wachstumsprozess gliedert sich in eine isometrische und eine allometrische Phase. In der isometrischen Phase vermehren sich alle Körperzellen mit etwa der gleichen Geschwindigkeit, d.h. der Körper entwickelt sich gleichmäßig. Diese Phase beginnt bei Geburt und hält bis zu einem Alter von etwa drei Monaten an. Im Anschluss folgt die allometrische Phase, in der die geschlechtsspezifischen Zellen, v.a. die Euterparenchymzellen des weiblichen Tieres, sich schneller vermehren als die übrigen Körperzellen. Das tägliche Wachstum geht mit einer Zunahme des Gewichtes einher und kann durch regelmäßiges Wiegen gut überprüft werden. Allerdings gibt es viele Möglichkeiten auf die tägliche Zunahme Einfluss zu nehmen. BAR-PELED et al. (1997) zeigten, dass die Art der Tränke, die Art der Tränkeaufnahme und das Alter der Tiere einen Einfluss auf die tägliche Zunahme hat. Sie verglichen die durchschnittlichen Tageszunahmen von Kälbern, die Milchaustauscher aus einem Eimer tranken, mit denen von Kälbern, die im gleichen Zeitraum am Euter einer Ammenkuh saugen durften. Die saugenden Kälber erzielten signifikant höhere Tageszunahmen, wobei sie nach dem Absetzen größere Schwierigkeiten hatten sich an das feste Futter zu gewöhnen. Die saugenden Kälber kamen schneller in die Geschlechtsreife, wurden früher belegt und gaben in der ersten Laktation auch mehr Milch als die Kontrollgruppe. Auch METZ (1987) und FLOWER und WEARY (2001) belegten eine zwei- bis dreifach höhere Gewichtszunahme bei Kälbern, die nach ihrer Geburt bei ihrer Mutter saugen durften.

BROWN et al. (2005) untersuchten den Effekt eines stark protein- und energiereichen Milchaustauschers auf das Wachstum von Kälbern. Sie konnten zeigen, dass Kälber, die mit einem stark protein- und energiereichen Milchaustauscher gefüttert wurden, bessere Tageszunahmen hatten als Kälber, die mit Milchaustauschern mit geringem bis moderatem Energie- und Proteingehalt gefüttert wurden. Die hohe Protein- und Energiefütterung führte allerdings nicht

zu einer statistisch signifikanten Verfettung der Tiere. Für die Autoren bietet die Zeit vor dem Absetzen eine gute Möglichkeit, das Einsetzen der Geschlechtsreife und das Erstkalbealter durch ein schnelleres Wachstum der weiblichen Tiere herabzusetzen. Auch DAVIS RINCKER et al. (2011) bestätigten in ihren Versuchen, dass eine höhere tägliche Zunahme in den ersten acht Lebenswochen zu einem schnelleren Wachstum und damit zu einem früheren Eintreten der Geschlechtsreife und einer Herabsetzung des Erstkalbealters führt.

Das Absetzen der Kälber, also die endgültige Umstellung der Kälber auf Rauhfutter und der vollständige Entzug von Milch, erfolgt in den meisten landwirtschaftlichen Betrieben sehr schnell, das heißt innerhalb weniger Tage und bei einem Lebensalter von sechs bis acht Wochen. Gründe hierfür liegen in der schnelleren und größeren Aufnahme von Raufutter und damit eines schnelleren Wachstums des Pansens, zum anderen in einem schnelleren Absinken der Futterkosten. In freier Wildbahn bzw. in Mutterkuhhaltungen geht das Ganze etwas langsamer von Statten. Ab der dritten Lebenswoche beginnen die Kälber mit dem ersten Grasen (SAMBRAUS und BRUMMER, 1978), ab dem fünften bis sechsten Lebensmonat fressen die Kälber schon intensiv in der Herde mit und trinken nur noch selten an ihrer Mutter. Im Alter von etwa zehn Monaten lassen die Kühe ihre Kälber nicht mehr trinken. (REINHARDT und REINHARDT, 1981). Im Vergleich dazu müssen sich die Kälber in der konventionellen Landwirtschaft sehr schnell an die neue Situation gewöhnen und vernachlässigen in Folge dessen die Futteraufnahme. Dadurch kommt es zu einem kurzzeitigen Abfall der täglichen Zunahme. Je sanfter die Kälber von der Milch entwöhnt werden, desto geringer sind die Einbrüche bei der Zunahme (WEARY et al., 2009).

RUDOLPHI (2004) bestätigt den Einfluss der Fütterung auf die schnellere Entwicklung der weiblichen Kälber. Sie setzt Normwerte für die tägliche Zunahme in Abhängigkeit vom Erstkalbealter fest.

BORDERAS et al. (2009b) fanden in ihren Untersuchungen heraus, dass Kälber, denen Milchaustauscher ad libitum gefüttert wurde, eine höhere durchschnittliche Tageszunahme hatten als Kälber, denen max. 4 l Milchaustauscher pro Tag gegeben wurde. Auch JASPER und WEARY (2002) bestätigten diesen Trend. In ihren Versuchen hatten ad libitum getränkte Kälber beim Absetzen ein um zehn Kilogramm höheres Durchschnittsgewicht als Kälber, die konventionell, d.h.



maximal zehn Prozent ihres Körpergewichtes, an Milch angeboten bekamen.

BERBERICH und GRIMM (2013) untersuchten den Einfluss zweier unterschiedlicher Tränkeverfahren auf die Gewichtsentwicklung von Kälbern. In dem einen Tränkeverfahren wurden die Kälber in der Zeit zwischen dem 14. und 50. Lebenstag restriktiv mit 6 l Milch und Milchaustauscher pro Tag getränkt, in dem anderen wurden die Kälber zwischen dem 14. und 34. Lebenstag mit Milch und Milchaustauscher ad libitum getränkt, danach wurden sie bis zum 50. Lebenstag auch restriktiv getränkt. Nach dem 50. Lebenstag wurden beide Gruppen über 20 Tage auf 2,5 Liter Milch und Milchaustauscher abgetränkt. Die intensiv gefütterten Kälber hatten mit 1037 g deutlich höhere Tageszunahmen als die restriktiv gefütterten Kälber mit 382 g. Bei der Wiegung am 27. Lebenstag hatten sie dreimal mehr Lebensmasse dazu gewonnen als restriktiv gefütterte Kälber. Bei der Ausstallung hatten die intensiv gefütterten Kälber im Durchschnitt zehn Kilogramm mehr Gewicht als die restriktiv gefütterten. Nach Ansicht der Autoren stellt diese Methode eine Verbesserung der Aufzucht dar, weil sie auf der einen Seite den natürlichen Bedürfnissen der Kälber besser gerecht wird, auf der anderen Seite auch Wachstumsdepressionen beim Abtränken verhindert und die Kraftfutteraufnahme fördert.

Die Lebendmassezunahme eignet sich auch als Indiz für gesunde Kälber und eine optimale Kälberhaltung. In den ersten Lebenstagen nehmen sie sehr viel zu (BERBERICH und GRIMM, 2013). Nach VERHÜLSDONK et al. (2011) spielt das Geschlecht eine wichtige Rolle, da männliche Kälber schneller zunehmen als weibliche. Für eine optimale Zunahme sollten männliche Tiere ca. 950 g Lebendmasse pro Tag zunehmen, weibliche Tiere etwa 800 g pro Tag,

## **6. Kälberkrankheiten**

### **6.1 Prädisponierende Faktoren für die Erkrankung von Kälbern**

Die Masse der im Stall auftretenden Erkrankungen in der Kälberaufzucht sind Krankheit aus den drei Bereichen Respirationstrakt, Gastrointestinaltrakt und Nabel. Diesen liegt meist ein multifaktorielles Geschehen zugrunde, d.h. dass neben infektiösen Faktoren wie Viren, Bakterien, Einzeller und evtl. auch Pilzen auch nichtinfektiöse Faktoren wie die hygienischen Verhältnisse im Betrieb, die Kolostrumversorgung und die Betreuung der Kälber den Ausbruch von Krankheiten verursachen können. Jeder einzelne Faktor für sich muss noch keine Erkrankung nach sich ziehen, aber eine Kombination aus mehreren Faktoren kann zu einem massiven Krankheitsgeschehen führen.

Als Voraussetzung für die Erkrankung eines Kalbes muss entweder der Infektionsdruck ansteigen oder die Immunkompetenz des Kalbes abnehmen oder beides. Beides wird v.a. durch die nichtinfektiösen Ursachen beeinflusst, die ihrerseits wieder direkt vom Handeln des Landwirtes abhängen.

Außerdem gibt es bei den Kälbern tierartspezifische Besonderheiten, die einer Erkrankung zuträglich sind.

Aufgrund der für Rinder spezifischen Plazentationsform, der Plazenta epitheliochorialis, können maternale Antikörper nicht in das fetale Blut diffundieren und die Kälber kommen praktisch ohne Infektionsschutz auf die Welt. Das Immunsystem der Kälber ist zwar noch unreif, jedoch kann es schon Antikörper gegen Erreger entwickeln (LOGAN et al., 1974). Da es bei einem Primärkontakt mit einem Erreger sehr lange dauert bis Antikörper zur Infektionsabwehr zur Verfügung stehen (BACHMANN et al., 1982; TIZARD, 2000) und das Kalb bis dahin schon tot sein könnte, muss das Kalb nach der Geburt passiv immunisiert werden, d.h. es muss möglichst bald nach der Geburt Kolostrum erhalten (RUFFER, 2005; RADEMACHER, 2012). Somit wird die immunologische Unreife ausgeglichen (BANKS, 1982). Die Immunglobuline werden innerhalb der ersten 24 Stunden direkt aus dem Darm resorbiert und gelangen über spezielle Schleusen ins Blut (SCHARRER und WOLFRAM, 2000). Diese Schranken schließen sich innerhalb von 48 Stunden (CLOVER und ZARKOWER, 1980). Danach können die Antikörper, die noch in der Biestmilch

der Kuh vorhanden sind, nicht mehr ins Blut aufgenommen werden und wirken nur noch lokal im Darm. Die maternalen Antikörper werden über acht Wochen verbraucht und abgebaut. Nach etwa vier bis fünf Wochen sinkt die Konzentration von Immunglobulinen im Blut in Bereiche, die eine Infektionsabwehr erschweren (LOGAN et al., 1974; ERHARD et al., 1999). Der Aufbau einer eigenen Immunität geht nur langsam voran. Es dauert auch etwa acht Wochen, bis genügend Antikörper gebildet sind um sich gegen Krankheitserreger zur Wehr zu setzen. In dieser Zeit zwischen der vierten bis achten Woche befindet sich das Kalb in der sog. immunologischen Lücke. Eine unzureichende Versorgung des Kalbes mit Kolostrum führt dazu, dass das Kalb weniger maternale Antikörper besitzt und diese bei einer Infektion schneller verbraucht werden, sodass das Kalb sehr schnell und heftig erkrankt. Ebenso führen schlechte hygienische Verhältnisse bei der Geburt, bei der Aufstallung der Kälber und bei der Tränke dazu, dass sich die Krankheitserreger schneller vermehren können und der Infektionsdruck steigt. Der Verbrauch der maternalen Antikörper steigt ebenso an und das Kalb wird schneller anfällig für Infektionen. Außerdem ist die Betreuung der Kälber wichtig. Werden kranke Tiere schnell erkannt und zügig behandelt, kann das Ausmaß der Erkrankung abgemildert werden.

Daneben gibt es noch eine weitere artspezifische Besonderheit: Die gesunde Rinderlunge ist aufgrund ihrer anatomischen Struktur sehr anfällig für Erkrankungen. Die Anzahl der Blutgefäße, die das Blut zum Gasaustausch an den Alveolen vorbeiführen, ist im Vergleich zu anderen Spezies relativ gering, so dass das Rind physiologisch stärker atmen muss, um die gleiche Menge an Sauerstoff auszutauschen. Vor allem bei frohwüchsigen Kälbern ist das Verhältnis von Lunge zu Körpergewicht unausgewogen, das bedeutet, dass das Rind schon in Ruhe stärker atmen muss um einen optimalen Sauerstoffaustausch zu garantieren. Durch die verstärkte Atmung können Krankheitserreger und Schadstoffe leichter in die Lunge gelangen. Außerdem ist die Lunge des Kalbes bei Geburt noch nicht reif. Nach vier Wochen beginnt sie zu wachsen und ist erst mit einem Jahr richtig ausgereift (RUFFER, 2005).

## **6.2 Durchfall**

Durchfallerkrankungen zählen zu den wirtschaftlich bedeutendsten Kälberkrankheiten. In den ersten Lebenswochen liegt ihr Anteil an den

auftretenden Kälberkrankheiten etwa 75-80 % (BOTHMER und BUDDE, 1992; BRÄNDLE, 2006). Vor allem die sogenannten Neugeborenenendurchfälle, die nach KLEE (1989) in den ersten beiden Lebenswochen auftreten, führen zu erheblichen Verlusten (HINRICHS, 1992; LORENZ, 2006; SVENSSON et al., 2006; GULLIKSEN et al., 2009).

75-95 % der gastrointestinalen Infektionen werden durch infektiöse Erreger hervorgerufen (TZIPORI, 1985). Die vier wichtigsten im Zusammenhang mit Neugeborenenendurchfall stehenden Erreger sind Rota- und Coronaviren, Kryptosporidien und enterotoxische E.coli (ETEC) (DOLL et al., 1995; GARCÍA et al., 2000; KASKE und KUNZ, 2003; KASKE et al., 2008; FOSTER und SMITH, 2009), wobei in Europa vor allem Rotaviren und Kryptosporidien am häufigsten beteiligt sind. FRIEDL (2015) fand in ihren Untersuchungen heraus, dass ca. 30 % der Durchfälle in den ersten Lebenstagen der Kälber durch Kryptosporidien hervorgerufen wurden, der Anteil an nachgewiesenen Rotavirusinfektionen betrug 28,1 %. Coronaviren waren mit 12,3 % Prozent vertreten und E.coli spielen eine untergeordnete Rolle. Dies wurde auch in den Untersuchungen von RESKI-WEIDE (2013) gezeigt. Neben den o.a. Erregern gibt es weitere, die Durchfälle bei Kälbern auslösen können z.B. Clostridien, Salmonellen, Bovine Virus Diarrhoe Viren (BVDV) u.a.. Diese fallen aufgrund ihrer geringen Fallzahlen nicht weiter ins Gewicht.

FRÖHNER und REITER (2005) hielten fest, dass sich Kälber schon während der Austreibungsphase bei der Geburt mit Viren aus dem Stallmilieu infizieren. Die Viren siedeln sich im Darm an und schädigen die Darmschleimhaut. Kryptosporidien und Bakterien, v.a E.coli Stämme, führen dann sekundär zu weiteren Infektionen. Das Erregerreservoir bilden die Kühe des Bestandes.

Je nach Erreger kommt es nach einer Infektion zur Ausprägung zweier unterschiedlicher pathophysiologischer Vorgänge: die sekretorische Diarrhoe und die osmotische bzw. malabsorbtive Diarrhoe.

Bei einer Infektion mit enterotoxischen E.coli (ETEC) kommt es zu einer sekretorischen Diarrhoe (FOSTER und SMITH, 2009). Bei der Vermehrung im Gewebe bilden die ETEC Toxine, die die cAMP-gesteuerten Ionenkanäle stimulieren. Cl<sup>-</sup> Ionen werden aus dem Blut in das Darmlumen sezerniert. Aus osmotischen Gründen folgt das Wasser in den Darm (ARGENZIO, 1985; FIELD

und SEMRAD, 1993). Sobald sich im Darm mehr Wasser angesammelt hat als das physiologische Rückresorptionvermögen des Darms zu verarbeiten vermag, werden mehr Wasser und Elektrolyte über den Kot ausgeschieden.

Rota- und Coronaviren, aber auch Kryptosporidien schädigen die Darmschleimhaut massiv und es kommt zur Atrophie der Darmzotten. Durch den Verlust von Schleimhautoberfläche infolge der Zottenatrophie und dem Verlust der diversen Transportmechanismen durch die Gewebsschädigung kann das physiologische Resorptionsvermögen von Nahrungsbestandteilen nicht mehr aufrecht erhalten werden und diese verbleiben im Darmlumen (FOSTER und SMITH, 2009). Aufgrund ihrer Osmolarität kommt es zum Ausstrom von Wasser aus dem Blut in das Darmlumen. Zusätzlich findet bei dieser osmotischen Diarrhoe auch eine sekretorische Diarrhoe statt, weil Entzündungsmediatoren wie z.B. Prostaglandine für einen erhöhten Ausstrom von Anionen aus den Darmzellen und dem Blut in das Darmlumen sorgen. (GOOKIN et al., 2002; LORROT und VASSEUR, 2007).

Durch den erhöhten Verbleib von Flüssigkeit und Elektrolyten im Darmlumen, scheidet das Kalb auch vermehrt Wasser aus und trocknet infolgedessen schnell aus (ROY, 1990; RADEMACHER, 2007b). Durch den massiven Wasserverlust verringert sich die renale Flüssigkeitsausscheidung und somit erhöht sich der Gehalt von Harnstoff und Kalium im Blut (KASKE et al., 2009). Diese Hyperkaliämie kann zu Herzrhythmusstörungen und letztendlich auch zum Tod des Kalbes führen (ROY, 1990).

Außerdem entwickeln Kälber mit Durchfall eine metabolische Azidose, die aufgrund von drei Mechanismen entsteht:

Additionsazidose: Durch die Gewebsschädigung wird im Darm Glukose vermehrt anaerob fermentiert und L-Laktat gebildet. Aufgrund der reduzierten Resorption von Nährstoffbestandteilen produzieren die Mikroorganismen im Darm vermehrt D-Laktat und L-Laktat. D-Laktat ist ein Isomer des L-Laktates und bindet sich aufgrund seiner fast identischen Struktur an die Enzyme an, die L-Laktat metabolisieren. Diese Enzyme können D-Laktat nur schlecht abbauen. Deshalb steigt der Laktatgehalt im Blut an und der pH- Wert wird sauer (KASKE und KUNZ, 2003; LORENZ, 2006; KASKE et al., 2009).

Substraktionsazidose: Hydrogencarbonat als Puffersubstanz folgt dem Wasserausstrom ins Darmlumen und wird mit dem Kot ausgeschieden. Die verbleibenden Moleküle im Blut können die anfallenden Säuren nicht mehr vollständig abpuffern und der pH-Wert sinkt (KASKE et al., 2009).

Retentionsazidose: Aufgrund des Wasserverlustes wird die renale Durchblutung verringert. Dadurch werden Säuremoleküle schlechter aus dem Blut in dem Harn abgegeben und senken den pH- Wert ab (KASKE et al., 2009).

Tiere, die an Durchfall erkrankt sind, setzen dünnbreiigen, suppigen oder wässrigen Kot ab. Dadurch sind die Haare um die Analregion, an der Schwanzunterseite und an den Hinterbeinen meist nass oder kotverschmiert. Zusätzlich können infolge der Dehydratation weitere Symptome wie ein reduziertes Allgemeinbefinden, eingesunkene Bulbi, ein reduzierter Hautturgor, Festliegen aufgrund des hypovolämischen Schockgeschehens, Tachykardie, kalte Akren und blasse Schleimhäute auftreten (KASKE et al., 2009). Bei Kälbern, die schon längere Zeit an Durchfall leiden, die älter sind und die osmotische Diarrhoe haben, steigt die Gefahr der Entstehung einer metabolischen Azidose an, deren klinische Symptome sich als Verlust des Saugreflexes, Ataxien und Bewusstseinstörungen darstellen (LORENZ, 2004; LORENZ, 2009).

Die Therapie des Durchfalls ist erregerunabhängig und zielt primär darauf ab die metabolische Azidose auszugleichen und das Flüssigkeits- und Elektrolytdefizit wieder aufzufüllen (RADEMACHER, 2007b). In Abhängigkeit von dem Gesundheitszustand des erkrankten Kalbes werden entweder orale oder parenterale Rehydratationslösungen verabreicht. Beim Vorliegen einer schweren metabolischen Azidose sollte Bicarbonat parenteral verabreicht werden. Solange die Kälber selbständig saufen, sollten sie kontinuierlich Milch erhalten, weil diese zum einen wertvolle Energie für das Wachstum der Kälber, zum anderen aber auch Nährstoffe für die Regeneration der Darmschleimhaut liefert (RADEMACHER, 2007b).

Sekundär können auch Antibiotika verabreicht werden. Diese sollten aber nur beim Auftreten einer systemischen Erkrankung oder bei gleichzeitig auftretenden weiteren Erkrankung wie z.B. einer Lungenentzündung nach kritischer Prüfung eingesetzt werden.

Prophylaktisch müssen alle nicht infektiösen Ursachen, die Kälberdurchfall

begünstigen, überprüft und Verbesserungen vorgenommen werden. Vor allem die Hygiene im Bereich Abkalbung und Kälberaufstallung sollte kritisch betrachtet werden. Nach GIRNUS (2004) lässt sich alleine durch das Aufstallen von Kälbern in sauberen Iglus die Inzidenz von Kälberdurchfall deutlich reduzieren.

Zusätzlich können in Problembetrieben Impfmaßnahmen durchgeführt werden. Eine Möglichkeit ist die Muttertierimpfung. Dazu werden Kühe vor der Abkalbung mit einem Impfstoff geimpft, der zur Bildung von Antikörpern gegen Rota- und Coronaviren und gegen E.coli führt. Diese Antikörper gelangen über das Blut in das Euter der Kühe und stehen den Kälbern im Kolostrum in ausreichender Menge zur Verfügung.

Eine zweite Möglichkeit ist die Impfung der Kälber mit einer bestandsspezifischen Schluckvaccine gegen E.coli. Diese Möglichkeit ist vor allem in Betrieben mit nachgewiesenen E.coli – Infektionen eine gute Möglichkeit das Auftreten von Kälberdurchfall zu minimieren.

### **6.3 Erkrankungen der Atemwege**

Neben den Durchfallerkrankungen zählen auch Atemwegserkrankungen zu den bedeutendsten Krankheitskomplexen bei den Rindern. Sie verursachen v.a. bei Mastrindern große wirtschaftliche Verluste durch Merzung, tierärztliche Behandlungskosten, verlängerte Mastdauer, verringerte Gewichtszunahmen, verringerten Schlachtwert und auch den Tod der Kälber infolge von z.T. starker dauerhafter Schädigung des Lungengewebes (RUFFER, 2005). Hauptvertreter ist die Enzootische Bronchopneumonie des Rindes. Sie wird auch als shipping fever, Rindergrippe oder Stallpneumonie bezeichnet. Je nach Auftreten werden die saisonale Grippe der Rinder und die nicht saisonal auftretende Grippe der Mastkälber unterschieden, wobei der Verlauf bei beiden Formen gleich ist (STÖBER, 2006; ENGELS, 2010). Die nicht saisonale Form tritt vor allem bei Mastkälbern auf, bei denen es aufgrund von Transport, Handling, Rangkämpfen u.a. produktionstypischen Handlungen zu vermehrtem Stress kommt (ENGELS, 2010). Dieser Stress führt zu einer Suppression des Immunsystems und damit zu einer erhöhten Infektanfälligkeit (STÖBER, 2006).

Die saisonale Form der Grippe steht in direktem Zusammenhang mit den witterungsbedingten Einflüssen. Sie kann bei allen Altersklassen und

Produktionsarten auftreten. Wetterwechsel, hohe Luftfeuchtigkeit, Hitze, Zugluft und übermäßige Abkühlung, verunreinigte Luft u.a. führen dazu, dass der physiologische Reinigungs- und Schutzmechanismus, die mukoziliäre Clearance, der Lunge nicht mehr richtig funktioniert (STÖBER, 2006; ENGELS, 2010). Viren, darunter BHV1 und BVD -Virus, und Mykoplasmen siedeln sich als erste an und vermehren sich (EIBELMEIER, 2003; EXNER und DEITMER, 2007; ENGELS, 2010). Es kommt zu einer katarrhalischen oder interstitiellen Pneumonie und zur vermehrten Schleimbildung. Dieser Schleim wird im weiteren Verlauf zäher und fester, sodass die mukoziliäre Clearance weiterhin absinkt (EXNER und DEITMER, 2007). Bakterien, darunter *Pasteurella multocida*, *Mannheimia haemolytica*, div. Staphylokokken und Chlamydien nutzen den Schleim als Nährboden, siedeln sich an und vermehren sich. Pasteurellen und *Mannheimia* produzieren starke Toxine, die zur Schädigung und zum Absterben des Lungengewebes führen. Das so beschädigte Lungenareal wird kaum noch durchblutet und nimmt kaum noch am Gasaustausch teil (EXNER und DEITMER, 2007).

Im weiteren Verlauf entwickelt sich aus der interstitiellen eine fibrinöse Pneumonie, die sich bis zur Verklebungen des Lungengewebes ausdehnen kann. In diesem Bereichen kann kein Gasaustausch mehr stattfinden (STÖBER, 2006; EXNER und DEITMER, 2007; FRÖHNER, 2011).

Die klinischen Symptome sind von der Resistenzlage und Immunitätslage der betroffenen Tiere abhängig und deshalb auch breit gestreut. Erste Anzeichen einer Grippeerkrankung sind erhöhte Atemfrequenz, erhöhte Körpertemperatur oder Fieber, mangelnder Appetit, Tränenfluss und klarer bis schleimiger, gelblich eitrig Nasenausfluss (STEIN, 2002; STÖBER, 2006). Daraus entwickelt sich im weiteren Verlauf Husten, Dyspnoe, breitbeiniges Stehen mit gestrecktem Kopf und Hals, weit geöffneten Nasenlöchern und z.T. bläulich verfärbten Schleimhäuten. Bei verschleppten, komplizierten oder rezidivierenden Erkrankungen können Niedergeschlagenheit, vermehrtes Liegen mit ausgestrecktem Hals, Inappetenz, Abmagerung, übel riechender Nasenausfluss, struppiges Haarkleid und Schwellung von Gelenken und Sehnenscheiden auftreten (STÖBER, 2006).

Die erfolgreiche Therapie der enzootischen Bronchopneumonie ist abhängig vom zeitlichen Abstand zwischen Ausbruch der Krankheit und Behandlungsbeginn.



Sie muss zügig erfolgen, damit es nicht zu einer dauerhaften Lungenschädigung kommen kann, die weitere Nachteile mit sich bringt. Als wichtigste Säule der Therapie ist die sofortige Abschaffung der ungünstig wirkenden nichtinfektiösen Ursachen zu sehen. Daneben muss man natürlich auch die bakterielle Vermehrung mit einem geeigneten, lange anhaltenden Antibiotikum nach der aktuellen Resistenzlage bekämpfen. Nach ENGELS (2010) ist eine gute Prophylaxe zur Vermeidung von kranken Tieren unabdingbar. Sie empfiehlt betroffenen Betrieben das Management zu überdenken und ggf. zu ändern, Ställe richtig zu desinfizieren, den Stress für Tiere bei Transport und Haltung zu vermeiden sowie Laufboxen mit Einstreu zu versehen. Außerdem sollten die Tiere am besten in Außenklimaställe gehalten und auf hohen Liegekomfort geachtet werden.

Prophylaktisch kann auch eine Impfung sinnvoll sein, wobei aber immer überprüft werden muss, ob der Impfstoff auch die im Betrieb vorkommenden Virusstämme enthält.

#### **6.4 Erkrankungen des Nabels**

Den dritten Problembereich in der Kälberaufzucht stellen die Erkrankungen des Nabels dar, vor allem die Nabelentzündung. Sie ist für etwa 34 % der Kälberabgänge verantwortlich.

Nabelentzündungen entstehen vor allem bei Kälbern in den ersten sechs Lebenswochen. Gründe für die Entstehung von Nabelentzündungen sind ungünstige Umweltverhältnisse (z.B. unsaubere Stallungen, Vernachlässigung der Geburts- und Nabelhygiene, gegenseitiges Besaugen), Nabelblutungen und mangelnde Retraktion der Nabelgefäße nach Schweregeburten, zu kurze manuelle Durchtrennung der Nabelschnur, ein weiterer Nabelring, ein abnorm dicker Nabelstrang oder eine unzureichende Kolostrumversorgung (DIRKSEN, 2006; RADEMACHER, 2007a).

Physiologischerweise reißt die Nabelschnur in der Austreibungsphase intravaginal etwa eine Hand breit distal der häutigen Nabelöffnung ab. Histologisch besteht in diesem Bereich eine Verdünnung der Arterienwand, die als Praedilektionsstelle für den Abriss angesehen wird (DIRKSEN, 2006). Aufgrund der einsetzenden Muskelkontraktion ziehen sich die Nabelarterien weit in die Bauchhöhle zurück. Die Nabelvenen zerreißen meist vor ihrer Vereinigung im Bereich des

Nabelringes. Von ihnen verbleiben ein bis zwei Zentimeter lange Stümpfe, die durch Blutthromben verschlossen werden. Der Urachus reißt auf Höhe des Nabelrings ein und zieht sich mit den beiden Arterien in die Bauchhöhle zurück. Mit dem Abriss verklebt seine Öffnung. Durch den Abriss der Gefäße verbleibt koaguliertes Blut am Gewebe des Nabelstrangs und an den Öffnungen der Gefäße. Es bildet einen guten Nährboden für Erreger, die entweder aus der Umgebung einwandern oder aus dem Blut kommen. Der wichtigste Erreger ist *Arcanobakterium pyogenes*, wobei aber auch Infektionen mit Streptokokken, Staphylokokken, *Fusobakterium necrophorum*, Pasteurellen, *Proteus*, Bakteroiden und *E.coli* nachgewiesen wurden. Die Bakterien führen zu einer akuten Entzündung im subkutanen Gewebe im Bereich des Hautnabels oder/und zu einer aufsteigenden Entzündung der Gefäße einschließlich des Urachus. Als Folge dieser Entzündungen entwickeln Kälber eitrigen Nabelaussfluss und/oder, je nach betroffenem Gebiet, Abszesse in der Nabelvene, der Leber, den Nabelarterien und dem Urachus. Bei einer Entzündung der Arterien kann es durch Thrombenbildung in den *Arteriae iliacae* und der Bauchaorta zum Verschluss dieser Gefäße kommen und die Hintergliedmaße sterben ab. Kommt es zu einem Eintritt der Erreger in das Blut, so werden diese über den Organismus verteilt und können entweder in anderen Organen (Lunge, Leber, Niere, Gelenke) Entzündungen auslösen oder auch Allgemeininfektionen hervorrufen (DIRKSEN, 2006).

Klinisch fallen Tiere mit Nabelerkrankungen mit unspezifischen Krankheitssymptomen wie Fieber, Störung des Allgemeinbefindens, Trink- und Fressunlust auf. Weiterhin können eine feuchte oder nasse Nabelschnur bei über fünf Tage alten Kälbern, voller Bauch und fehlender Kotabsatz, mangelnde Entwicklung und Kümmeren, häufiges Absetzen kleiner Harnmengen, Lungen- oder Gelenkserkrankungen, starke Umfangsvermehrungen am Nabel und ein aufgekrümmter Rücken Hinweise auf eine Nabelentzündung liefern. Bei einer akuten Nabelentzündung fühlt sich der Nabel warm und verdickt an, auf Druck ist er schmerzhaft. Nabelhaare sind durch übelriechenden Eiter verklebt, der z.T. aus einer Fistelöffnung am Nabel tropft (DIRKSEN, 2006; RADEMACHER, 2007a).

Die Therapie der Nabelentzündungen ist abhängig von dem Stadium der Erkrankung. Bei Nabelentzündungen am äußeren Nabel hat eine Therapie mit einem geeigneten Antibiotikum gute Erfolgchancen. Bei Nabelentzündungen, die schon in die Bauchhöhle vorgedrungen sind, verschlechtert sich die Aussicht auf

Heilung. Hier kann über mehr oder weniger invasive chirurgische Verfahren nachgedacht werden. Nach WIELAND (2010) kann die Prognose für die Heilung anhand der klinischen Untersuchung gut abgeschätzt werden. Eine gute Prognose ist nach seinen Ergebnissen zu stellen, wenn die Entzündungen den äußeren Nabel betreffen oder wenn die Entzündungen zwar schon in die Bauchhöhle vorgedrungen sind, sich dort aber gut abgrenzen lassen. Für Nabelentzündungen, die in die Bauchhöhle ziehen und sich nicht deutlich abgrenzen lassen, muss schon eine fragliche Prognose gestellt werden. Dasselbe gilt auch bei einer geringgradigen Beteiligung anderer Organsysteme. Lassen sich die Nabelentzündungen, die in die Bauchhöhle ziehen gar nicht mehr abgrenzen oder liegen schon hochgradige Beteiligungen anderer Organsysteme vor, ist eine schlechte Prognose zu stellen.

Prophylaktisch müssen ungünstige Umweltfaktoren minimiert oder abgeschafft werden. RADEMACHER (2007a) empfiehlt die Hygiene in den Bereichen Geburt, Nabelversorgung und Kälberaufstallung zu überprüfen und zu verbessern. Außerdem rät er die Kälber in den ersten zehn Lebenstagen regelmäßig auf Umfangsvermehrungen am Nabel zu untersuchen.

### III Tiere, Material und Methoden

#### 1. Versuchsstandort

Die Untersuchungen des Forschungsprojektes „Untersuchungen zum Verhalten und zur Erhöhung der Vitalität bei Kälbern“ wurden von 2006 bis 2009 unter der Leitung von Prof. Dr. Klaus Reiter vom Institut für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) auf dem Versuchsgut der LfL in Grub durchgeführt. Zu Versuchsbeginn im Jahr 2006 standen dem Forschungsprojekt zwei neugebaute Kälberställe zur Verfügung, in die die Kälber in Gruppen von 8-14 Tieren eingestallt wurden. Abbildung 1 zeigt das Gesamtbild der beiden Kälberställe. Im Februar 2007 wurden die Ställe mit rechnergesteuerte Tränkeautomaten ausgerüstet. In jedem der beiden Ställe wurden Funktionsräume wie z.B. der Rechnerraum integriert.



**Abbildung 1:** Außenklimaställe für Kälber in Grub (Quelle: ILT, Grub)

#### 2. Tiere

Gegenstand der Untersuchung waren die Daten aller lebend geborenen Kälber ( $n = 233$ ), die von Februar 2007 bis April 2008 über die für das Forschungsprojekt neu eingebauten rechnergesteuerten Tränkeautomaten gefüttert wurden. Die Kälber stammten aus der betriebseigenen Nachzucht der Rasse Fleckvieh. Für die weiblichen Tiere standen die Daten vom ersten bis vierten Lebensmonat zur Verfügung, für die männlichen Tiere von der ersten bis etwa zur zehnten Lebenswoche, weil sie bei Erreichen eines Gewichtes von ca. 75 kg verkauft

wurden. Sechs männliche Kälber verblieben im Bestand zur Eigenleistungsprüfung.

### 3. Haltungsverfahren

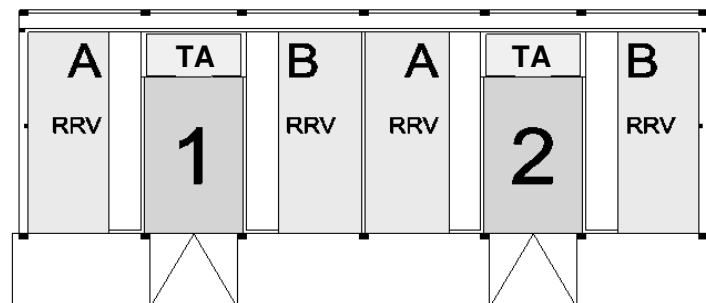
Die Kälber wurden in der üblichen konventionellen Gruppenaufzucht ohne Mutterkontakt aufgezogen. Wenige Stunden nach der Geburt wurden die Tiere aus der Abkalbebox im Milchviehstall direkt in die mit Stroh eingestreuten Kälberiglus mit eingezäuntem Auslauf (140 cm x 140 cm) und Einzelboxen (120 m x 120 cm x 100 cm) gebracht und blieben dort für 10-17 Tage. Somit war eine gute Einzeltierkontrolle und –behandlung gewährleistet. In dieser Zeit wurden die Tiere über fünf Tage mit Kolostralmilch gefüttert und auch enthornt.



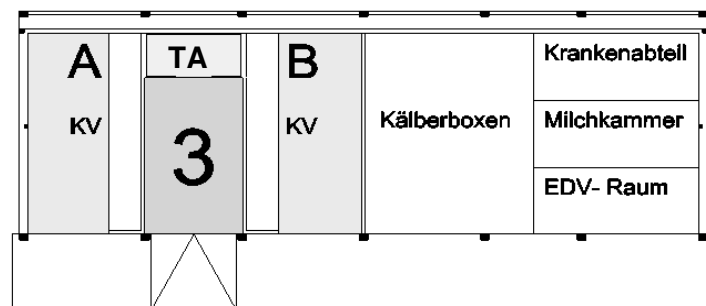
**Abbildung 2:** Einzeliglu für Kälber mit Eimertränke (Quelle: ILT, Grub)

Im Alter von 10–17 Tagen wurden die Kälber in Gruppen von 8–14 Tieren zusammengestellt und in den sechs 41 m<sup>2</sup> großen Tiefstreubuchten des neuen Kälberstalles eingestallt. Zur besseren Unterscheidung wurden die Tiefstreubuchten wie folgt nummeriert: Jeder Kälberstall bestand aus zwei Abteilen, insgesamt gab es vier Abteile, wovon aber nur drei für die Kälberaufzucht benutzt wurden. Diese wurden fortlaufend mit den Zahlen 1-3 nummeriert. Jedes Abteil bestand aus einem zentralen Futtertisch, an den rechts und links die Tiefstreubuchten angrenzten. Die Buchten wurden mit Buchstaben gekennzeichnet, wobei immer die linke den Buchstaben A und die rechte den Buchstaben B zugeteilt bekam (siehe Abbildung 2). Am Ende jedes Stichfuttertisches wurde in einem wärmegegedämmten Raum ein Tränkeautomat

installiert, von dem in den beiden Buchten je eine Saugstelle zur Milchentnahme gespeist wurden. Des Weiteren standen ein Kraftfutterautomat und eine Tränkwassererfassungsstelle zur ad libitum Wasseraufnahme zur Verfügung. Die so gewonnenen Daten wurden in einem Zentralrechner gespeichert.



Kälberstall 1



Kälberstall 2

- RRV = Belegung im Rein-Raus-Verfahren  
 KV = Belegung im Kontinuierlichen Verfahren  
 1-3 = Nummer der jeweiligen Abteile  
 A = linke Kälberbox des Abteiles  
 B = rechte Kälberbox des Abteiles  
 TA = Tränkeautomat

**Abbildung 3:** Schematische Darstellung der Einteilung der Kälberställe aus FRÖHNER (2011)

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde in der Studie von FRÖHNER (2011) auch untersucht, welches Haltungsverfahren besser für die Kälberaufzucht und zur Reduktion von Kälberverlusten geeignet ist. Dazu wurden die Ställe kontinuierlich (KV) oder im Rein-Raus-Verfahren (RRV) belegt. Die Kälber wurden per Zufall in die einzelnen Buchten eingestallt und damit einem der beiden Haltungsverfahren zugeteilt. Tabelle 2 zeigt die Verteilung der einzelnen Kälber nach Geschlecht auf die beiden Haltungsverfahren im gesamten Versuchszeitraum. Durch das Haltungsverfahren wurde auch der Altersunterschied zwischen dem ältesten und dem jüngsten Tier in einer Bucht festgesetzt. Er betrug beim RRV bis zu drei Wochen, bei der kontinuierlichen

Belegung betrug er bis zu neun Wochen.

**Tabelle 2:** Verteilung der Kälber auf die einzelnen Haltungsverfahren nach Geschlecht

	Rein-Raus-Verfahren	Kontinuierliche Belegung	
<b>Männlich</b>	63	45	<b>108</b>
<b>Weiblich</b>	85	40	<b>125</b>
<b>Gesamt</b>	<b>148</b>	<b>85</b>	<b>233</b>

Der Einfluss der Haltungsverfahren fand in dieser Arbeit keine Berücksichtigung.

Für das Komfortverhalten der Tiere wurden, zunächst zur Erprobung in einer Stallbucht, Bürsten als Putz- und Kratzelemente eingesetzt. Nachdem die Kälber in der Testphase diese sehr gut annahmen, wurden auch in den übrigen fünf Buchten Putzelemente verbaut.

#### 4. Datenerhebung und Erfassung der Versuchsparameter

Für das Forschungsprojekt wurden etliche Parameter erfasst und elektronisch als Dateien im Zentralrechner gespeichert. Ein Teil der Parameter wurde durch menschliche Beurteilung erhoben, der andere Teil wurde mit Hilfe diverser technischer Hilfsmittel erfasst und zur Auswertung vorbereitet.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die erhobenen Daten, die Technik, die zur Verfügung stand und den Zeitpunkt der Erfassung.

**Tabelle 3:** Überblick über erhobene Daten (Parameter, technische Ausstattung, Zeitpunkt der Erfassung) aus FRÖHNER (2011)

Untersuchte Parameter	Technische Ausstattung	Zeitraum und Zeitintervall
<i>Ethologische Parameter</i>		
Aktivität und Liegeverhalten	25 Pedometer	Ab der zweiten Lebenswoche kontinuierlich
Futteraufnahme- und Trinkverhalten (Milch-, Wasser- und Kraftfutter)	Tränkeautomat mit Trinkwassererfassung und Kraftfutterautomat	Ab der Einstellung im Kälberstall kontinuierlich
<i>Klinische Parameter</i>		
Tiergesundheit, Beurteilung des Allgemeinzustandes, behandelte Erkrankungen (Medikamente, Behandlungstage)	--	Ab Geburt alle 2-3 Tage
Körpertemperatur (Zungentemperatur)	Saugnuckel am Tränkeautomat	Ab Einstellung im Kälberstall kontinuierlich
Kolostrum-IgG-Konzentration	ELISA-Test (TGD)	1. und 2. Melkung
Serum-IgG-Konzentration Serum-Gesamtprotein (seit 15.10.2007)		Blutentnahme am Kalb 48 bis 72 h nach der Geburt
<i>Wachstum</i>		
Körpermasse	elektronische Waage	Ab Geburt in Einzelhaltung wöchentlich in Gruppenhaltung monatlich
Brustumfang (seit 29.05.2007)	Bandmaß	
<i>Stallklima und Haltung</i>		
Klimadaten (Temperatur und Luftfeuchtigkeit im Tierbereich in der Gruppenhaltung); zusätzlich Wetterstation	Datenlogger	Kontinuierliche Aufzeichnungen im Stall seit 3.2.2007
Strohverbrauch in der Gruppenhaltung (kg)	--	Kontinuierliche Aufzeichnungen



#### 4.1 Stammdaten

Die Stammdaten geben grundlegende Informationen zu einem Tier wieder.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden folgende Daten für das Kalb erhoben:

- TierID
- Ohrmarkennummer
- VVVO-Nummer (Viehverkehrsverordnungs-Nummer)
- Geburtsdatum
- Geburtszeit
- Geburtsverlauf mittels Kalbeverlaufsschlüssel (KVS)
- Totgeburt
- Zwillingsgeburt
- Geschlecht

Von der Mutter wurden folgende Daten erfasst:

- Name
- betriebsinterne Kuh-Nummer
- LKV-Nummer
- VVVO-Nummer
- Laktationsnummer (Parität)
- Trächtigkeitsdauer (in Tagen)
- Erstkalbealter (in Monaten)
- Zwischenkalbezeit (in Tagen)
- Abkalbebox, in der die Geburt stattfand (im Bereich des automatischen Melksystems (AMS), im Melkstand, im Anbindestall).

Vom Vater wurden der Name und die VVVO-Nummer registriert.

Den hochträchtigen Kühen standen zwei Abkalbeboxen zur Verfügung. Die eine befand sich in der Nähe des Melkstandes und wurde von den Tieren aus der Melkstandherde benutzt. Die andere befand sich in der Nähe des automatischen Melksystems (AMS) und wurde von den Tieren aus der Herde des AMS benutzt. Die Kühe, die in Anbindehaltung untergebracht waren, kalbten an ihrem Platz.

Der Geburtsverlauf wurde anhand des von der HI-Tier im Oktober 2005 eingeführten bundesweit einheitlichen Schlüssels beurteilt:

1 = leicht (ohne Hilfe oder Hilfe nicht nötig)

2 = mittel (ein Helfer oder leichter Einsatz mechanischer Zughilfe)

3 = schwer (mehrere Helfer, mechanische Zughilfe und/oder Tierarzt)

4 = Operation (Kaiserschnitt / Fetotomie)

Alle Daten wurden in einer Excel-Datei gespeichert.

## **4.2 Fütterung**

Im Bereich Fütterung wurde den Kälbern regelmäßig Milchtränke, Wasser, Kraftfutter, Rauhfutter und bei Bedarf weitere Futtermittel angeboten und die aufgenommenen Mengen erfasst.

### **4.2.1 Milchtränke**

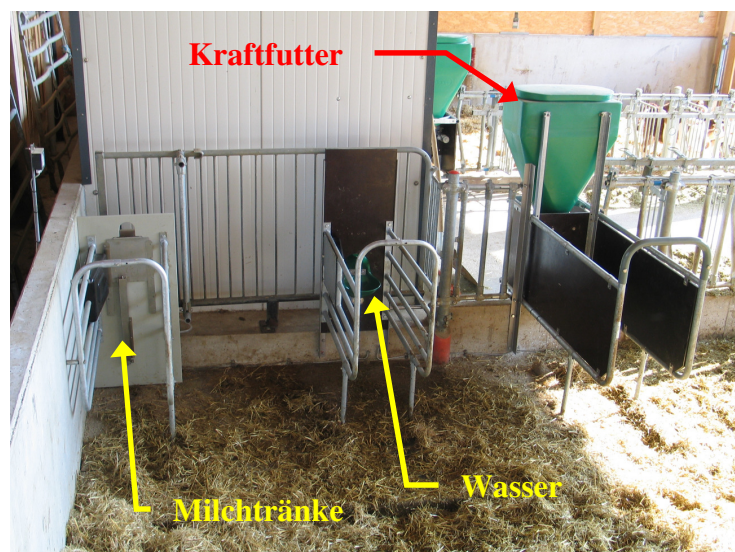
Die Kälber erhielten nach der Geburt bis zum fünften Lebenstag Kolostralmilch, danach wurden sie bis etwa zur 12. Lebenswoche mit betriebseigener Vollmilch mit einer Tränketemperatur von 39° C gefüttert. Die Fütterung in den Iglus und Einzelboxen erfolgte dreimal täglich durch einen Pfleger mit Saugnuckeleimer (Abbildung 2, Seite 34). Dabei bekamen weibliche und männliche Tiere 6 l Milch pro Tag.

In den Tiefstreubuchten wurde die Fütterung von einem computergesteuerten Fütterungsapparat „Stand alone“ der Firma WestfaliaSurge GmbH (Bönen, Deutschland) übernommen. Die „Stand alone“-Automaten verfügten über eine automatische Tiererkennung, ein Tränkeprogramm für wahlweise Vollmilch oder Milchaustauscher (KalbManagerWin), ein Tränkwassererfassungssystem, ein automatisches Fiebermeßsystem (AFS) und einen Kraftfutterautomaten der Firma Förster-Technik GmbH (Engen, Deutschland). Für das Forschungsprojekt wurde nur die Option Vollmilch genutzt und die Vollmilch bei 39,0 °C über den Saugnuckel verfüttert.

Die einzelnen Kälberstände zur Aufnahme von Tränke, Wasser und Kraftfutter wurden in der Nähe des rechnergesteuerten Fütterungsautomaten in die Kälberbuchten eingebaut. Abbildung 4 zeigt die Anordnung der einzelnen

Tränkestände in den Tiefstreuboxen.

Damit die im Versuch erhobenen Daten der Tränke-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme jedem einzelnen Kalb zugeordnet und aufgezeichnet werden konnten, bekam jedes Kalb zur eindeutigen Identifizierung einen Transponder zugewiesen. Als Grundlage für die elektronische Tiererkennung diente das TIRIS HDX System (Frequenz 134,2 kHz). Im März 2008 wurde eine druckluftbetriebene Tränkestandverlängerung (calf protector) eingebaut, um ein Kalb für die im Versuch festgelegte Zeitspanne von 10 Minuten im Stand zu fixieren und gegenseitiges Besaugen zu minimieren.



**Abbildung 4:** Anordnung der Kälberstände für die Tränke-, Wasser- und Kraftfutteraufnahme je Kälberbox ohne calf protector (Quelle: ILT, Grub)

Die Tränkephase an dem Automaten betrug 77 Tage. Die Kälber wurden nach ihrem Geschlecht in zwei Tränkegruppen aufgeteilt und erhielten unterschiedliche Mengenbegrenzungen. Weibliche Tiere (Gruppe A) wurden restriktiver gefüttert als die für die Mast bestimmten männlichen Kälber (Gruppe B).

Bei Einstellung am Automaten erhielten alle Kälber für ein bis drei Tage ein Anrecht auf 6 l Milch pro Tag. Danach wurde über 14 Tage die zulässige Tageshöchstmenge von 6 l auf 8 l gesteigert. Bei den männlichen Tieren wurde die zulässige Tageshöchstmenge an Milchtränke über die nächsten 40 Tage auf 10 l angehoben, weibliche Tiere bekamen in dieser Zeit weiterhin 8 l.

Danach wurden die Kälber in zwei Phasen abgetränkt. Bei den männlichen Tieren wurde die maximal zur Verfügung stehende Tränkemenge innerhalb von zehn Tagen von 10 l auf 3 l reduziert, und in weiteren 10 Tagen von 3 l auf 0 l. Bei den

weiblichen wurde zuerst über einen Zeitraum von 15 Tagen die maximale Tagesmilchmenge von 8 l auf 2 l reduziert und daran anschließend in einem Zeitraum von fünf Tagen von 2 l auf 0 l zurückgenommen. Nach der Abtränkphase wurden alle Kälber abgesetzt. Die täglich zur Verfügung gestellte Milchmenge konnte in max. sechs Besuchen pro Tag abgerufen werden, wobei aber pro Besuch eine Höchstmenge von 3 l nicht überschritten werden konnte, um ein Übertränken der Kälber mit Milch zu vermeiden. Aus der Tageshöchstmenge wurde die Stundenmenge an Tränke berechnet und dann aufsummiert. Ein Kalb konnte erst wieder Tränke abrufen, wenn es sich bei der Summierung der Stundenmengen mindestens 1 l Tränke aufgespart hatte. Hatte ein Kalb seine Höchstmenge nicht abgerufen, so wurde das Kalb für zwei Stunden gesperrt. Beim nächsten Besuch an der Tränke hatte es Anrecht auf die reguläre Portionsmenge plus maximal 0,5 l der vorherigen Restmenge zur Verfügung. Um Mitternacht wurden alle Zählerstände wieder auf Null gesetzt und somit auch die noch zustehenden Restmengen für den vergangenen Tag gelöscht.

#### **4.2.2 Kraftfutter am Automaten**

Die Anfütterung der Kälber mit Kraftfutter erfolgte in drei Phasen. In der ersten Phase wurde den Kälbern für drei Tage maximal 500 g Kraftfutter pro Tag angeboten, danach wurde das Kraftfutterangebot über 40 Tage auf 1000 g Kraftfutter pro Tier und Tag erhöht. In der dritten Phase wurde das Kraftfutter über einen Zeitraum von 25 Tagen auf 1500 g pro Tier und Tag gesteigert.

#### **4.2.3 Rauhfutter**

Mit dem Einzug in die Kälberställe wurde den Tieren über den Futtertisch eine spezielle hochwertige Mischration zur ad libitum Verfügung angeboten, die die Wiederkautätigkeit bei den Milchkälbern anregen soll. Die Grundration bestand zu 55 % aus Heu (10 MJ ME), zu 5 % aus Melasse und zu 40 % aus Kälberkraftfutter. Das Kraftfutter enthielt einen Anteil von 19 % Rohprotein bei einem Energiegehalt von 12,4 MJ ME/kg und war aus 25 % Weizen, 20 % Gerste, 25 % Körnermais, 20 % Sojaextraktschrot, 5 % Leinextraktschrot und 5 % Mineralfutter zusammengesetzt. Das Kraftfutter wurde zuerst zu 100 % in die Grundmischung eingemischt, etwa ab der Hälfte des Versuches wurde das Kraftfutter zu 40 % in die Grundration eingemischt und verfüttert und zu 60 % über die Kraftfutterautomaten. Die Mischration wurde jeden zweiten Tag für jede

Gruppe zu Tagesrationen in nummerierte Kisten eingewogen und dann der entsprechenden Gruppe in jedem Abteil zugeteilt. Die am Futtertisch verbliebene Restmenge wurde gesammelt, bei der nächsten Einwaage zurückgewogen und aus der Differenz der durchschnittliche tägliche Verzehr pro Kalb berechnet.

#### **4.2.4 Weitere Futtermittel**

Den Kälbern standen zusätzlich Salzlecksteine zur Verfügung.

Kälber, die offensichtlich an Verdauungsstörungen litten, wurden zusätzlich mit folgenden Ergänzungsfuttermitteln über die Eimertränke gefüttert:

„Rehydion Gel“ Diät-Ergänzungsfuttermittel für Kälber, flüssig,  
CEVA Tiergesundheit GmbH (Düsseldorf, Deutschland)

„Boviferm® plus SID“ Diätikum für Kälber bei Durchfall  
Chevita GmbH (Pfaffenhofen, Deutschland)

„Effydral®“ zur oralen Rehydratation bei Kälbern  
Fort Dodge Veterinär GmbH (Würselen, Deutschland)

Feste Stoffe wurden vorher gemäß Beipackzettel in Wasser gelöst.

#### **4.2.5 Wasser**

Die Wasserversorgung der Kälber wurde durch ein eigenes Tränkebecken sichergestellt, das über einen Zulauf vom Tränkeautomaten gespeist wurde. Somit konnte die aufgenommene Wassermenge genau erfasst werden. Die Tiererkennung erfolgt auch hier über Transponder, die das jeweilige Tier im Ohr trug, und über die am Tränkestand angebrachte Antenne.

Wasser stand den Kälbern ad libitum zur Verfügung. Nahm ein Tier Wasser auf, so wurde am Automaten ein Datensatz erzeugt, der die Transpondernummer, die aufgenommene Menge, das Datum und die Uhrzeit der Wasseraufnahme enthielt. Danach wurde der Datensatz direkt an den Zentralrechner weitergeleitet und dort in der Datenbank gespeichert.

### **4.3 Aktivitäts- und Ruheverhalten**

Das Aktivitäts- und Ruheverhalten der Kälber wurde kontinuierlich durch 25 ALT Pedometer des Ingenieurbüros Roland Holz (Falkenhagen, Deutschland)

intervallbezogen erfasst. Die Pedometer sammelten die Daten der Knöcheltemperatur (T), die Schritttaktivität (A) sowie Liegezeiten in Bauch- oder Seitenlage. Die Geräte wurden den Tieren im Alter von 14 Tagen angelegt und erst beim Ausstallen aus der Gruppenhaltung wieder abgenommen. Ab etwa der Hälfte des Forschungsprojektes wurden auch Kälber direkt nach der Geburt mit den Pedometern ausgestattet, damit das Verhalten innerhalb der ersten 14 Lebenstage ebenfalls untersucht werden konnte (n=79).



**Abbildung 5:** ALT - Pedometereinheit zur Aktivitätsmessung (Quelle: ILT, Grub)

Die eigentlich für den ausgewachsenen Rinderfuß entwickelten Pedometer mussten an den deutlich dünneren Kälberfuß angepasst werden. Dies erfolgte mit einer Manschette der Firma Letzgus und Lang Orthopädietechnik GmbH (Landshut, Deutschland). Die im Aufbau aus wasserabweisendem, flexiblem Schaumstoff bestehende Manschette schmiegte sich eng an das Röhrlbein des Kalbes an. Außerdem wurde Tepeform der Firma Wilhelm Julius Teufel GmbH (Wangen, Deutschland) verwendet. Tepeform ist ein thermoplastisch verformbares Polyethylen-Schaumstoffmaterial, das eine abwaschbare Oberfläche besitzt und somit hygienisch, urin- und schweißbeständig und hautverträglich ist. Außerdem ist es durch seine geschlossenzellige Struktur auch luftdurchlässig. Laut Hersteller ist ein dauerhafter Hautkontakt bis 30 Tage möglich.

Der Sitz der Pedometer wurde regelmäßig kontrolliert, um verrutschte Geräte wieder zu Recht zu rücken und um Geräteverluste zu vermeiden. Die Pedometer wurden am vorderen Hauptmittelfußknochen der Kälber unter Verwendung von

handelsüblichen Fesselgurten und Metallschnallen angebracht. Zum verlässlichen Fixieren wurden auch Kabelbinder verwendet.

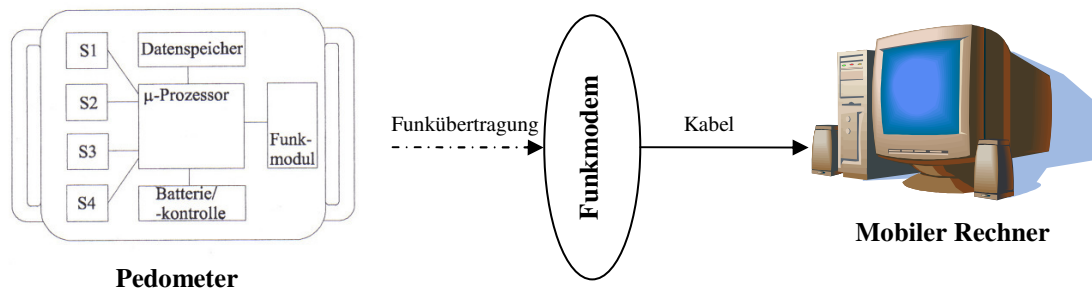


**Abbildung 6:** Kalb mit Pedometer am rechten Vorderfuß (Quelle: ILT, Grub)

Für die Erfassung und Speicherung der Pedometerdaten waren zwei Funktionskreise nötig. Zum einen die Datenerhebung und –speicherung im Pedometer am Tier, zum anderen die Übertragung und Speicherung der Daten in eine Datenbank am Zentralrechner. Pedometer sind rechteckige kleine Kästchen, die an einem der beiden Vorderbeine eines Kälbchens fixiert wurden. In diesem Gehäuse befanden sich Sensoren, die die Temperatur am Kälberfuß (S1) und die Liegepositionen auf der Seite (S2) und auf dem Bauch (S3) erfassten und die analoge Einheit zur Erfassung der Schrittaktivität (S4). Des Weiteren waren in den Pedometern ein  $\mu$ -Prozessor- und eine Speichereinheit, ein Funkmodul zur drahtlosen Datenübertragung, eine magnetische Abschaltung und eine Kontrolle des Batterieladezustandes eingebaut. Alle 15 Sekunden (max. 2 Hertz) wurden die Bewegungsaktivität (Steps) und die Liegeposition des Kalbes erfasst und durch den  $\mu$ -Prozessor innerhalb eines definierten zeitlichen Messintervalls von fünf Minuten aufsummiert. Am Ende dieses Zeitraums wurden die aufsummierten Daten mit Datum und Uhrzeit in der Speichereinheit abgelegt.

Die Übertragung der Daten aus dem Pedometer geschah über eine drahtlose Funkverbindung vom Pedometer über ein Funkmodem zu einem Rechner. Das Funkmodem konnte nur arbeiten, wenn es mit einem Rechner verbunden war, um Verluste bei der Sicherung der Pedometerdaten zu verhindern.





**Abbildung 7:** Blockschaltbild des Pedometersystems nach FRÖHNER (2011)

Die Speichereinheit der Pedometer wurde stündlich bei einer Übertragungsrate von 1,5 Datensätzen pro Sekunde ausgelesen und in einer Access-Datenbank unter dem Namen Pedomer.mdb auf dem Zentralrechner gespeichert. Dabei wurden die Tabellen „PedomerObs“, „Phasen“, „Tieraktivität“ und „Tierstamm“ erzeugt. Mit dem Programm „PedomerDatenTools“ der Firma Rudolf Streng (Parsdorf, Deutschland) wurden die Rohdaten in fünf Schritten mit weiteren Daten ergänzt und die einzelnen Tabellen mit Werten befüllt. Als erstes wurde die Tabelle „PedomerObs“ nach Import der Daten durch die Zuweisung der Pedometer zu einer Tiernummer im ausgewählten Zeitraum vervollständigt. Darauf aufbauend wurde die Tabelle „Phasen“ mit den Ruhe- und Aktivitätsdaten erzeugt. Als nächstes wurden die Aktivitätsphasen neu bewertet. Bei jedem erfassten Schritt wurde mit Hilfe eines Aktivitätsgewichtes überprüft, ob es sich um einen echten, einer Aktivitätszeit zuzuordnendem Wert handelt oder ob es sich um einen Wert im Übergangsbereich zwischen Aktivität und Liegen handelte. Konnte ein Schritt eindeutig einer Aktivitätszeit zugeordnet werden, wurde dieser in der Tabelle „StepsOnlyObs“ abgelegt und gespeichert, ansonsten wurde er verworfen. Als letzter Schritt wurde der Aktivitätsverlauf über 24 Stunden berechnet und die Tabelle „Tagesaktivität“ erzeugt.

Durch Nutzung des Programms „PedomerDatenTools“ konnte die Fehlerrate deutlich verringert und die Validität der Daten gesichert werden.

Zum besseren Verständnis sind folgende Begriffsdefinitionen hilfreich:

- Aktivitätsgewicht: Faktor, der aus Anzahl der Ruhe- und Aktivitätsminuten und der Dauer des Intervalls (Enddatum – Startdatum) berechnet wird.
- Phasen: Einteilung des Verhaltens in Ruhe- oder Aktivitätsphase. Die Einteilung erfolgte viermal pro Sekunde auf der Basis der Aufzeichnung



von zwei Beobachtungen pro Sekunde.

- Ruhen: Liegen mit oder ohne Wiederkauaktivität
- Steps: kontinuierliche Erfassung der Schrittaktivität durch Zählen von Beinbewegungen und Aufsummieren innerhalb eines definierten Zeitintervalls von fünf Minuten.

#### **4.4 Körpergewicht**

Lebend geborene Kälber wurden am Tag ihrer Geburt gewogen und das Gewicht in eine Excel-Tabelle übertragen. Nach der Umstallung in Einzeltierboxen oder Kälberiglus bekamen alle Tiere mit der Ohrmarke einen Transponder ins Ohr gesetzt, wodurch das Tier eine eindeutige, elektronische Identifikationsnummer erhielt. In der Einzelhaltungsphase wurden alle Tiere an einem festgesetzten Tag in der Woche gewogen. Die Wiegunen in der Gruppenhaltung fanden regelmäßig im Abstand von vier Wochen statt. Für die Wiegunen stand eine Kälberwaage der Firma Data Scales (Bonn, Deutschland) mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 0,5$  kg zur Verfügung. An der Waage waren auch Antennen (Stab- oder Flächenantenne) angebracht, mit denen der Transponder im Ohr der Kälber erkannt werden konnte. Zur Steuerung der Tierkennzeichnung und des Wiegevorgangs war an der Kälberwaage das Terminal IX200 angebracht. Die Waage war, je nach Stall, entweder über ein Kabel oder über eine Funkverbindung mit dem Zentralrechner verbunden.

Bei der erstmaligen Wiegun eines Kalbes wurden seine HI-Tierdaten in das Terminal eingelesen, seine Transpondernummer und sein aktuelles Gewicht eingefügt und dieser Datensatz nach der Wiegun in einer Datenbank am Zentralrechner gespeichert. Bei den nächsten Wiegunen wurde nach einem Abgleich mit der Datenbank dieser Datensatz um das jeweils aktuelle Gewicht ergänzt.



**Abbildung 8:** Elektronische Kälberwaage mit Auslesemodul IX200 der Firma DATA SCALES (Quelle: ILT, Grub)

Im Versuchszeitraum standen für jedes Tier die tatsächlichen Gewichte von vier bis fünf Wiegetagen zur Verfügung. Aus diesen wurde das Tagesgewicht berechnet, indem zuerst die durchschnittliche Zunahme pro Tag aus dem Quotienten der Differenz der beiden Gewichte zum jeweiligen Wiegetag und dem zeitlichen Abstand der beiden Wiegungen ermittelt wurde und diese auf das Gewicht des vorhergehenden Tages addiert wurde.

#### **4.5 Gesundheitsmanagement**

Das Gesundheitsmanagement der Kälber wurde durch das Personal am AMS übernommen. Bei der Prophylaxe und bei akuten Krankheitsbildern wurde der Hoftierarzt zu Rate gezogen, der auch die erkrankten Tiere behandelte.

##### **4.5.1 Regelmäßige Untersuchungen**

Nach der Geburt wurden die Kälber bis zur Ausstellung hin im Rahmen des Forschungsprojektes dreimal wöchentlich zwischen 9 und 11 Uhr kontrolliert. Der Allgemeinzustand wurde visuell mit einer Punktezahl von 1-3 bewertet, wobei die einzelnen Beurteilungskriterien als Komplexe betrachtet wurden. Die Vergabe der Zahl 1 bedeutete, dass das Kalb gesund, d.h. munter und lebhaft war. Die Zahl zwei wurde bei pathologischen Veränderungen vergeben und bei der Zahl 3 hatten die Tiere ein stark gestörtes Allgemeinbefinden.

**Tabelle 4:** Beurteilungskriterien des Allgemeinzustandes der Kälber (Vitalitätscode) nach FRÖHNER (2011)

Beurteilungskriterien	Vitalitätscode		
	1	2	3
<b>Reaktivität</b>	aufmerksam	eingeschränkt	apathisch
	reagiert	reagiert nach dem Ansprechen	keine Reaktion beim Herantreten/ Ansprechen
	aktiv	steht auf	kein Aufstehen
<b>Verdauungsstörungen</b>	keine	mittelschwer	schwer
	Kot gelblich, homogen, pastöse Konsistenz, ohne Beimengungen	Kot dünnbreiig bis flüssig, unphysiologische Konsistenz, mit Schleim, Blut	Kot wässrig, Tier stark verschmutzt, tierärztliche Behandlung, Infusion
<b>Ernährungszustand</b>	Ernährungszustand sehr gut bis gut	Ernährungszustand eingeschränkt, eingefallener Bauch infolge fehlender Milchaufnahme	sichtbar schlechter Ernährungszustand
<b>Milchaufnahme</b>	Kalb säuft Milch selbständig	Kalb säuft mehr als zweimal keine Milch	Kalb trinkt nicht mehr selbständig

Kranke Kälber, d.h. Tiere mit den Punktezahlen 2 und 3 wurden dem betreuenden Tierarzt vorgestellt. Die behandelten Erkrankungen wurden zu Krankheitskomplexen zusammengefasst und umfassten die Bereiche Respirationstrakt, Gastrointestinaltrakt, Nabel, Bewegungsapparat und Sonstiges. Definiert wurde der Gesundheitsstatus des Tieres als krank, sobald das Tier von einem Tierarzt behandelt worden war. Dazu zählte auch die Behandlung der Tiere mit Antiparasitika, da hier auch von einer, wenn auch geringgradigen, Störung des Allgemeinbefindens ausgegangen wurde.

#### 4.5.2 Prophylaxe

Prophylaktisch wurden die Muttertiere vier bis sechs Wochen vor der Kalbung gegen bekannte Durchfallerreger (Rota- und Corona-Viren, E. coli Bakterien) im Rahmen der Mutterschutzimpfung geimpft. Durch die Verfütterung des Kolostrums konnte eine belastbare passive Immunität bei den Kälbern erreicht und das Auftreten von Neugeborenenendurchfall vermindert werden.

Selen ist ein wichtiger Mineralstoff zum Schutz der Zellwände vor Zerstörung durch Radikale. Bei Unterversorgung kann es zu erhöhter Infektanfälligkeit und zu Lebens- und Trinkschwäche kommen. Zur Sicherstellung einer optimalen Selenversorgung wurden alle Kälber am ersten Lebenstag mit 10 ml Vitaselen®

von der Firma Selectavet Dr. Otto Fischer GmbH (Weyarn-Holzolling, Deutschland) versorgt.

Prophylaktische Impfmaßnahmen sind in Tabelle 5 dargestellt.

**Tabelle 5:** Prophylaktische Impfmaßnahmen im Versuchsgut Grub

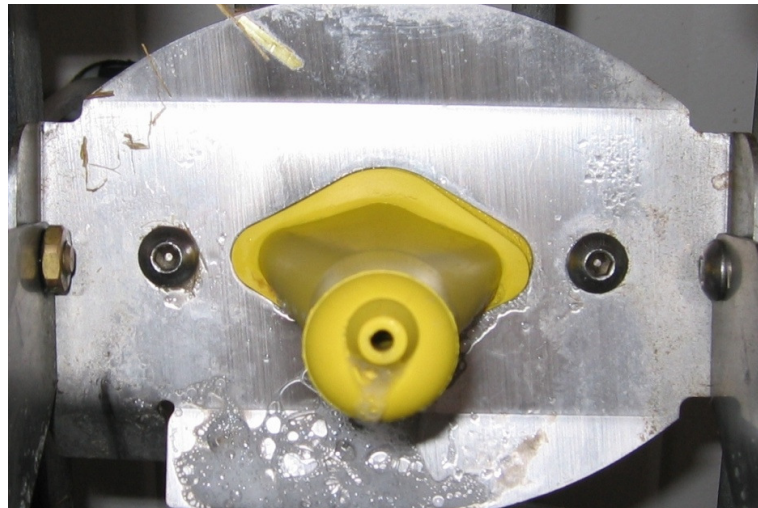
Präparat	Hersteller	Grund	Alter in Tagen	Anwendung	Impfstoff-art	Dosierung
Bovigrip® RSP	MSD Tiergesundheit	Schutz gegen die enzootische Bronchopneumonie	14	<u>Grundimmunisierung:</u> 2 mal im Abstand von 4 Wochen <u>Wiederholungsimpfung</u> 2 Wochen vor Risikoperiode	Totimpfstoff	5 ml s.c.
Riemser® Trichophytie Vakzine	Ecuphar GmbH	Schutz gegen die Kälberflechte	14	2 mal im Abstand von 10 – 14 Tagen	Lebendimpfstoff	2.5 ml i.m.
Butox® Protect 7,5 mg/ml	MSD Tiergesundheit	Parasiten- / Fliegenbekämpfung	Nach Bedarf			10 ml pro 100 kg auf Rücken gießen

*s.c.* = *subcutan*, *i.m.* = *intramuskulär*

#### 4.6 Körpertemperatur

Die Körperkerntemperatur ist für das Erkennen einer Erkrankung wichtig. Bei Tieren wird die Körperkerntemperatur in der Regel rektal gemessen, beim Menschen stehen noch der Zungengrund und die Achselhöhle zur Verfügung. Im Versuch wurde die Körperkerntemperatur als Zungentemperatur beim Saugvorgang des Kalbes gemessen. Alle Tränkeautomaten verfügten über ein in den Saugnuckel integriertes automatisches Fiebermesssystem (AFS).

Das AFS besteht aus einem Zweikammersystem, in dem die Messfühler für die Tränke und die Zungentemperatur sitzen. Außerdem befindet sich dort eine Mikroheizung mit intelligenter Heizsteuerung. Wegen Verfälschungen der Messung bei zu hohen Standby-Werten der Mikroheizung wurde eine Sollwertmessung von >38,8 °C bei einer Anrührtemperatur von 39,5 °C im Mixer eingestellt.



**Abbildung 9:** Saugnuckel für die Tränkeaufnahme mit integriertem automatischen Fiebmesssystem (Quelle: ILT, Grub)

Der Temperaturwert wurde sowohl am Prozessrechner des Tränkeautomaten angezeigt und gespeichert, als auch auf dem Zentralrechner. Bei Fieber wurde am Tränkeautomat ein Alarm ausgelöst und das kranke Tier angezeigt. Aufgrund der allzu großen Datenlücken wurden in dieser Arbeit die erhobenen Temperaturwerte nicht berücksichtigt.

#### 4.7 Datenaufbereitung

Die Daten aus dem Tränkeautomaten wurden nach Transpondernummer und Datum sortiert und die aufgenommenen Mengen an Tränke, Wasser und Kraftfutter über einen Tag aufsummiert und damit der absolute Tagesgesamtwert gebildet. Somit wurde für jeden Tag ein Datensatz mit den jeweiligen täglichen Aufnahmemengen erzeugt. Danach wurden diese mit den Stammdaten verknüpft, sodass jeder Transpondernummer eine Tiernummer zugeordnet werden konnte. Konnte eine Transpondernummer nicht mit einer Tiernummer verknüpft werden, so wurden die Datensätze verworfen. Auf die gleiche Weise wurde mit den Pedometerdaten verfahren. Es wurde nur die Datei StepsOnlyObs zur Auswertung herangezogen.

Die bereits durch die Betreuer des Forschungsprojektes erhobenen Daten zu Erkrankungen und Behandlungen wurden mit den tierärztlichen Anwendungs- und Abgabebelegen verglichen und ergänzt. Aus diesen Angaben wurden einzelne Tagessätze gebildet. Wurde ein Tier innerhalb von zwei Tagen nochmals behandelt, so wurde die Behandlung als Teil der Therapie einer Erkrankung

gewertet. War der Abstand zwischen zwei Behandlungen größer als zwei Tage, so wurde davon ausgegangen, dass es sich um eine erneute Erkrankung handelte und es wurde eine neue Behandlungsphase angesetzt. Der Beginn jeder Therapiephase wurde entsprechend codiert. Ein wichtiges Kriterium war die Zeitdauer, die zwischen zwei Behandlungsphasen lag. Um einen Zeitraum von zehn Tagen vor der Behandlung eindeutig einer Behandlung zuordnen zu können, musste der Abstand zwischen zwei Erkrankungen groß genug sein, dass ein krankes Tier wieder gesund werden und im Anschluss daran wieder mindestens zehn Tagdatensätze vor einer neuen Erkrankung gesammelt werden konnten. Aufgrund der unterschiedlichen Krankheitsbilder für die einzelnen Krankheitsbereiche wurde für die Auswertung eine Genesungszeit von zehn Tagen als angemessen empfunden. Somit musste zwischen den einzelnen Behandlungsphasen ein Abstand von mindestens 20 Tagen liegen. Behandlungsphasen, bei denen der Abstand kleiner als 20 Tage war, wurden nicht berücksichtigt.

Die Kälber in den Einzelboxen und Iglus wurden an einem bestimmten Tag in der Woche gewogen, in der Gruppenphase alle vier Wochen. Da das Wachstum der Kälber innerhalb der ersten Lebenswochen nahezu linear ansteigt, konnten aus den Wiegedaten die Tagessätze für jeden einzelnen Tag von Geburt bis zur letzten Wiegung berechnet werden. Dazu wurde die Zunahme des Kalbes von einer Wiegung bis zur nächsten Wiegung errechnet und durch die Anzahl der Tage zwischen den beiden Wiegungen dividiert. Die so errechnete mittlere tägliche Zunahme wurde für jeden Tag im Zeitraum zwischen den Wiegungen auf das Gewicht des vorherigen Tages addiert.

Die Vitalitätsscores, die durch die Betreuer unter der Benutzung des in Tabelle 3 aufgeführten Schemas regelmäßig erhoben wurden, wurden aus den jeweiligen Dateien in jeweils eine SAS-Datenbank überführt, die die Tiernummer, das Datum und den Vitalitätsscore enthielt.

## **5. Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte unter der Anleitung von PD Dr. med. vet. Sven Reese, Fachtierarzt für Anatomie, Fachtierarzt für Informationstechnologie aus dem Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München. Die Zusammenführung und Aufbereitung der Originaldaten

wurden in erster Linie mit dem Programm SAS 9.2 durchgeführt, die Berechnung der ROC-Kurven (Receiver Operating Characteristics–Kurven) wurde zusätzlich noch mit den Programmen SPSS und MedCalc in den jeweils aktuellen Versionen durchgeführt. Zur Auswertung wurden alle Daten herangezogen, die vom Februar 2007 bis April 2008 erhoben wurden.

Alle Datenbanken wurden über das Merkmal Tiertag, das sich aus der Tiernummer und dem jeweiligen Lebenstag zusammensetzte, miteinander verknüpft und in einer Datenbank abgelegt. Mithilfe der SAS-Prozeduren PROC MEANS und PROC FREQ wurden die statistische Lage und die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Werte berechnet.

Zum Vergleich des Nahrungsaufnahmeverhaltens von gesunden und kranken Kälbern, wurde für jedes Merkmal eine eigene Referenzkurve erstellt. Dazu wurde der Mittelwert ( $\bar{x}$ ) der jeweils aufgenommenen Tränke-, Wasser- und Kraftfuttermengen, der Mittelwert ( $\bar{x}$ ) der gezählten Schritte sowie die doppelte Standardabweichung ( $2\sigma$ ) der einzelnen Mittelwerte der völlig gesunden Kälber pro Tag berechnet. Ein Kalb galt als völlig gesund, wenn der Vitalitätsscore in den jeweiligen Bereichen während des gesamten Versuchszeitraums niemals schlechter als 1 war.

Im Anschluss wurden die relativen Abweichungen der kranken Kälber von den Daten der gesunden Kälber für den Zeitraum 10 Tage vor bis 10 Tage nach der Erkrankung berechnet.

Anhand der ROC-Kurve wurde die Eignung eines Merkmals zur Unterscheidung von gesunden und kranken Tieren berechnet und graphisch dargestellt. Dabei wird in einem Koordinatensystem die Richtig-Positiv-Rate (Sensitivität) gegen die Falsch-Positiv-Rate ( $= 1 - \text{Spezifität}$ ) aufgetragen und der Verlauf der Abhängigkeiten zwischen der Richtig-Positiv-Rate und der Falsch-Positiv-Rate aufgezeigt. Das Merkmal beweist Trennschärfe, wenn sich die Kurve deutlich oberhalb der winkelhalbierenden Diagonale durch Ursprung und den Punkt (1/1) befindet.

Im Idealfall, d.h. bei einer Richtig-Positiv-Rate von 100 % oder 1 und einer Falsch-Negativ-Rate von 0 % oder 0, steigt die Kurve bis zu dem Punkt (0/1) senkrecht an und geht dann im waagrechten Verlauf zum Punkt (1/1). Dieser Punkt, an dem die Kurve ihren Verlauf ändert, wird auch als Cut-Off Punkt (=

Trennpunkt, Schwellenwert) der ROC-Kurve bezeichnet. Im Idealfall liegt er in der linken oberen Ecke des Diagramms auf dem Punkt (0/1).

Ein weiteres Indiz für die Güte eines Merkmals ist die Berechnung der Fläche unterhalb der ROC-Kurve (AUC, Area under the curve). Da die Kurve wie o.a. deutlich oberhalb der winkelhalbierenden Diagonale durch den Ursprung verlaufen sollte, kann sie nur Werte zwischen 0,5 und 1 annehmen. Je besser die Trennschärfe des Merkmals ist, desto größer ist auch der AUC-Wert für dieses Merkmal.

Der Punkt der ROC-Kurve, der dem idealen Cut-Off Punkt am nächsten kommt (d.h. dem Punkt mit den Werten 1 und 0), ist der Cut-Off Punkt der ROC-Kurve. Er stellt einen optimalen Kompromiss zwischen einer relativ geringen Falsch-Positiv-Rate und einer relativ hohen Richtig-Positiv-Rate dar. Mathematisch lässt sich dieser optimale Punkt über zwei Wege berechnen. Zum einen kann für jeden Punkt der ROC-Kurve anhand der abgewandelten Formel des Satzes nach Pythagoras der Abstand im Quadrat zum idealen Cutt-Off Punkt berechnet werden ( $d^2 = (1 - \text{Spezifität})^2 + (1 - \text{Sensitivität})^2$ ), zum anderen kann der YODEN-Index mit der Formel  $YI = \text{Sensitivität} + \text{Spezifität} - 1$  berechnet werden, der den maximalen Abstand eines Punktes von der Winkelhalbierenden beschreibt. Dem Cut-Off - Punkt kann somit ein genauer Wert des Merkmals zugeordnet werden, anhand dessen die Unterscheidung krank und gesund vorgenommen werden kann. (ALTENBURG (2009); LANGE (2011); LOHNINGER (2012)).

Anhand des p-Wertes wurde überprüft, ob die bei der Auswertung beobachteten Differenzen zufällig zu Stande gekommen waren oder nicht. Alle p-Werte  $< 0,05$  wurden als statistisch signifikant angenommen.

Zum Schluss wurden die geeigneten Parameter unterschiedlich kombiniert und zu verschiedenen Testsystemen zusammengestellt. Anhand der im Versuch entstandenen Daten wurden diese Testsysteme mittels Kreuztabellen auf ihre Treffergenauigkeit untersucht.



## **IV Ergebnisse**

### **1. Überblick über die erhobenen Daten**

#### **1.1 Datengrundlage**

Als Grundlage für die Auswertung wurden die Daten, die im Rahmen des Forschungsprojektes erhoben wurden, verwendet. Als Auswertungszeitraum wurde die Zeitspanne von der Einstellung in die Kälberställe bis zum 90. Lebenstag gewählt, weil der Absetzvorgang zu diesem Zeitpunkt vollständig abgeschlossen war und die Veränderungen des Futteraufnahmeverhaltens während und nach dem Milchentzug zu Tage traten. Für die Tränkeaufnahme wurde lediglich der Auswertungszeitraum von der Einstellung bis zum 70. Lebenstag festgesetzt, da zu diesem Zeitpunkt die Absetzphase begann und die tägl. Reduzierung der Milchmenge pro Tag zu einer Verfälschung der Ergebnisse geführt hätte.

Insgesamt wurden 233 Tiere im Versuchszeitraum am Automaten angemeldet und ihr Futteraufnahmeverhalten aufgezeichnet. Nach jedem Besuch der Kälber am Tränkeautomaten, am Wasserbecken und am Kraftfuttertrog wurden die Daten am Hauptrechner gespeichert. Zur Auswertung wurden sie zu Tagessätzen zusammengefasst, was zu einer Gesamtmenge von 13134 Datensätzen führte.

#### **1.2 Verteilung der Geschlechter**

108 Tiere (46,35 %) waren männlichen und 125 Tiere (53,65 %) weiblichen Geschlechtes. Sechs männliche Tiere verblieben bis zum Ende des Auswertungszeitraumes im Bestand, weil sie zur Eigenleistungsprüfung bestimmt waren, die restlichen männlichen Tiere wurden mit einem Körpergewichte von etwa 75 kg verkauft. Alle männlichen Tiere lieferten insgesamt 3913 Datensätze. Weibliche Tiere verblieben bis zum Ende des Auswertungszeitraumes im Bestand und lieferten 9221 Datensätze.

#### **1.3 Einstellungsalter**

Die Kälber wurden mit einem mittleren Alter von 15,59 Tagen  $\pm$  3,79 Tagen in die Kälberställe eingestallt. Tiere, die in der Igluphase erkrankten, wurden erst

nach ihrer Genesung in die Kälberställe eingestallt. Dadurch erhöhte sich das Alter bei Einstallung.

Männliche Tiere hatten ein mittleres Alter von 15,74 Tagen  $\pm$  4,16 Tagen. Das jüngste männliche Tier war bei Einstallung neun Tage alt, das älteste Tier wurde erst mit 39 Tagen in die Kälberställe verbracht.

Weibliche Tiere waren zum Zeitpunkt ihrer Einstallung etwas jünger. Das mittlere Einstallalter lag bei 15,46 Tagen  $\pm$  3,45 Tage. Das früheste Einstallungsalter betrug sieben Tage, das höchste Einstallungsalter lag bei 31 Tagen.

#### **1.4 Verweildauer am Automaten**

Die Kälber hatten im Durchschnitt 32,18 Tage  $\pm$  21,50 Tage Zugang zum Automaten. Von 233 Tieren verblieben etwa 117 Tiere 70 Tage und mehr im Versuch. Männliche Tiere wurden 20,81 Tage  $\pm$  15,67 Tage über den Automaten gefüttert. Im Versuchszeitraum wurden 108 männliche Kälber am Tränkeautomaten angemeldet. Aufgrund des Verkaufs der männlichen Tiere mit einem Gewicht von 75 kg sank ihre Zahl stark bis zum 34. Versuchstag auf 54 Tiere (50 %), nur sechs Tiere für die Eigenleistungsprüfung verblieben länger als 70 Tage im Versuch.

Weibliche Tiere hatten im Schnitt 37,00 Tage  $\pm$  21,82 Tage Zugang zum Automaten. Insgesamt wurden 125 Tiere in die Kälberställe eingestallt. Die Anzahl der Tiere nahm bis zum Versuchende nur gering ab. 109 Tiere verblieben 70 Tage und mehr am Automaten.

#### **1.5 Gewichtsentwicklung**

Die Gewichtsdaten wurden in einer eigenen Tabelle festgehalten und mit dem Datensatz der entsprechenden Tiere verknüpft. Die Tiere wurden vor der Einstallung in die Kälberställe einmal pro Woche gewogen und das entsprechende Gewicht in die Datenbank eingetragen. In den Kälberställen wurden die Tiere alle vier Wochen mit der elektrischen Kälberwaage gewogen. Für die Berechnung des jeweiligen Tagegewichtes wurde zuerst die mittlere Zunahme zwischen zwei Wiegungen berechnet und diese dann jeden Tag auf das Gewicht aufsummiert. Diese Tagesgewichte wurden dann bei jedem einzelnen Tier an jeden einzelnen Tagessätzen angehängt.

Das mittlere Gewicht der männlichen Kälber lag bei Einstellung bei 56,89 kg  $\pm$  7,22 kg. Bis zu ihrem Ausscheiden aus dem Versuch nahmen sie im Durchschnitt 868,55 g  $\pm$  335,02 g pro Tag zu.

Weibliche Kälber hatten ein mittleres Einstallgewicht von 53,32 kg  $\pm$  6,15 kg. Bis zum Ende des Versuches hatten sie eine mittlere Tageszunahme von 1019,10 g  $\pm$  340,22 g pro Tag. Durch den im Vergleich zu den männlichen Tieren längeren mittleren Verbleib der weiblichen Tier im Versuch steigerte sich auch die mittlere tägliche Gewichtszunahme.

### **1.6 Erkrankungen**

Als krank wurden die Tiere definiert, die im Versuchszeitraum mindestens einmal von einem Tierarzt oder von einem Tierbetreuer mit einem Medikament behandelt wurden, was insgesamt 70 Tiere (30,04 %) der 233 Tiere im Versuch betraf. Manche Tiere erkrankten im Auswertungszeitraum öfter an den unterschiedlichsten Erkrankungen. Die häufigsten Behandlungen wurden im Bereich Verdauungstrakt vorgenommen, ihr Anteil lag bei 34,8 %. Mit 27,91 % der Behandlungen folgte der Bereich Atemwegserkrankungen, gefolgt von den Behandlungen im Bereich Nabel mit 14,79 %. Die restlichen 22,5 % der Behandlungen waren Therapien von Erkrankungen im muskuloskelettalen Bereich, Operationen, Ektoparasitosen, sonstige aufgetretenen Einzeltierererkrankungen und Mischformen aus Atemwegs- und Verdauungstrakterkrankungen. Zum Zeitpunkt der Behandlung waren die Kälber im Mittel 35,93 Tage  $\pm$  23,24 Tage alt.

Weitere 58 Tiere fielen bei der regelmäßigen Kontrolle durch einen geringgradig veränderten Kot oder einen geringgradig reduzierten Allgemeinzustand auf, wurden aber nicht behandelt. Da aber bei diesen Kälbern aufgrund der Datenlage nicht nachvollzogen werden konnte, welche Ursache die Veränderungen hatten und weil die Veränderungen auch schnell wieder verschwanden, wurden diese Kälber nicht in die Auswertung aufgenommen.

Die übrigen 105 Tiere von 233 Tieren im Versuch wurden als gesund eingestuft und bildeten die Kontrollgruppe mit der das Nahrungsaufnahmeverhalten der 70 kranken Kälber in der Auswertung verglichen wurde.

## 2. Tränke

Für die Auswertung der Tränkedaten wurden die erhobenen Tagessätze weiter bereinigt. Die obere Altersgrenze wurde von 90 Tagen auf 70 Tage zurückgefahren, da ab etwa dem 70. Lebenstag das Abtränken begann. Die untere Altersgrenze wurde auf 7 Tage heraufgesetzt, da das jüngste Tier, das an dem Automaten angemeldet wurde, erst sieben Tage alt war. Unvollständige oder leere Tagesdatensätze, die innerhalb der Altersgrenzen auftrugen, wurden gelöscht. Die Gesamtzahl der Tagessätze reduzierte sich damit auf 10451 Datensätze. Die Anzahl der Tiere blieb mit 233 gleich. Die Anzahl der Kälber pro Geschlecht blieb gleich, die Anzahl der Datensätze pro Geschlecht sank bei den männlichen Tieren auf 3635 Datensätze und bei den weiblichen auf 6816 Datensätze. Der relative Anteil der männlichen Tiere im o.a. Zeitraum betrug 34,78 % an der Gesamtdatenmenge, der Anteil der weiblichen Tiere 65,22 %. Die Verweildauer am Automaten sank im Mittel auf  $24,15 \pm 5,61$  Tage. Männliche Tiere waren im o.a. Zeitraum durchschnittlich  $18,32 \pm 12,56$  Tage am Automaten angemeldet während weibliche Tiere  $27,26 \pm 16,18$  Tag im Kälberstall verblieben. Bis zum Beginn des Absetzens im Alter von etwa 70 Tagen nahmen die Kälber im Mittel  $922,50 \pm 330,31$  g pro Tag zu. Die Zunahme der männlichen Tiere bis zum Absetzen betrug  $855,69 \pm 327,97$  g pro Tag und lag unter der Zunahme der weiblichen Tiere von  $958,06 \pm 326,03$  g pro Tag, was an dem Verkauf der meisten männlichen Kälber mit einem Körpergewicht von etwa 75 kg liegt.

### 2.1 Tränkeaufnahme gesunder Kälber

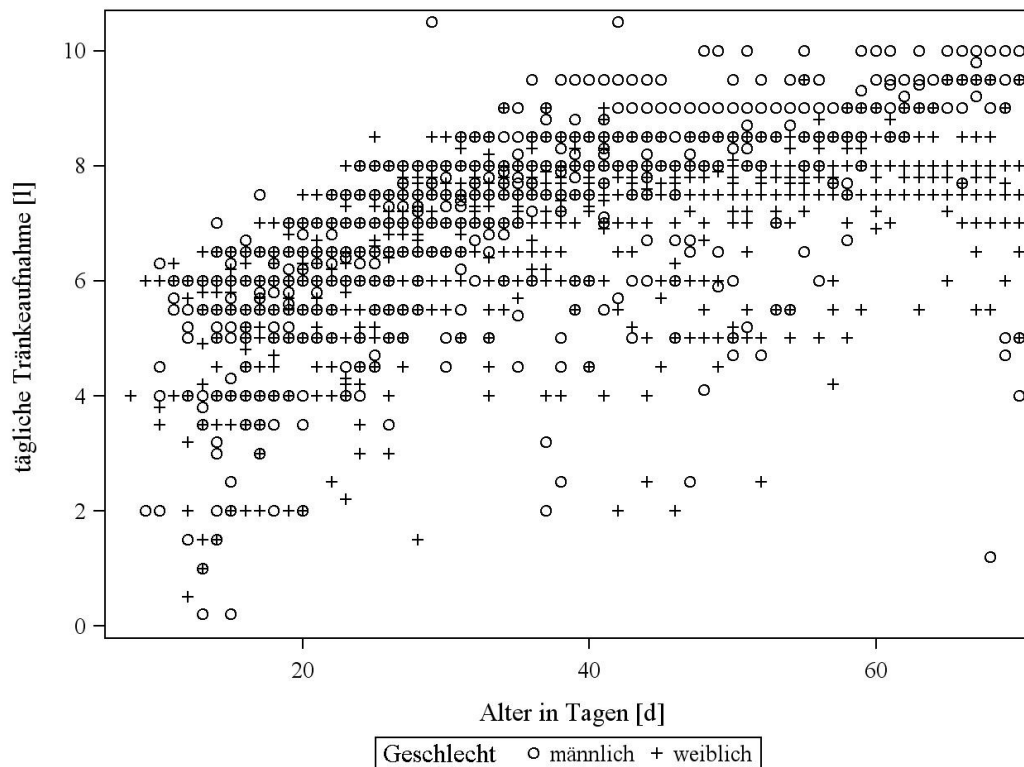
Als Grundlage für die Auswertung der Tränkeaufnahme von gesunden Kälbern dienten die Daten der Kälber, die bei den routinemäßigen Untersuchungen als völlig gesund eingestuft wurden, d.h. dass sie bei den einzelnen Beurteilungen nie einen Vitalitätsscore größer als eins hatten und niemals von einem Betreuer oder Tierarzt behandelt wurden. Durch diese enge Definition konnten nur die Datensätze von 105 von 233 Tieren (45,06 %) für die Auswertung verwendet werden. 57 Tiere waren weiblich (54,29 %), 48 Tiere männlich (45,71 %).

### 2.1.1 Einfluss des Geschlechtes auf die Tränkeaufnahme

Nach dem Tränkeplan bekamen männliche und weibliche Kälber unterschiedlich große Tagesmengen an Milch zugeteilt. Weibliche Kälber bekamen ab dem 20. Tag nach Einstellung am Automaten eine maximale Tagesmilchmenge von acht Litern, bei den männlichen Kälbern wurde die maximale Tagesmilchmenge bis zum 20. Tag auf acht Liter und bis zum 57. Tag nach Einstellung auf zehn Liter gesteigert. Abb. 10 zeigt die Verteilung der Tränkeaufnahme in Abhängigkeit vom Alter der gesunden männlichen und weiblichen Tiere, wobei die Häufigkeiten der einzelnen Werte nicht dargestellt ist.

Die Punktwolken der Tränkeaufnahme von männlichen und weiblichen Tieren überlagern sich, was gegen einen Einfluss des Geschlechtes auf die aufgenommene Tränkemenge spricht. Ab dem 45. Lebenstag etwa teilt sich die Punktwolke, die Tränkeaufnahme der weiblichen Tiere bleibt zurück und verharret auf etwa 8,5 Liter pro Tag, während die Punktwolke der männlichen Tier auf zehn Liter pro Tag ansteigt und dort verbleibt. Die weiblichen Tiere nehmen scheinbar etwa 0,5 Liter mehr Tränke auf, als Ihnen nach dem Tränkeplan zusteht. Dieser Wert kommt durch Rundungsfehler bei der Speicherung der aufgenommenen Tränke in die Datenbank und der anschließenden Berechnung der Tageshöchstmengen zustande. Die im Diagramm dargestellt Erhöhung der Tränke von acht auf zehn Liter Milch ab dem 50. Lebenstag spiegelt die Tränkeaufnahme von 2 Kälbern wieder. Als Gründe für die Steigerung der Milchleistung bei diesen Tieren kommen technische Probleme oder eine falsche Zuordnung der Tiere in Betracht.

Die Menge der männlichen Datenpunkte nimmt mit zunehmendem Alter ab, was an dem Verkauf der meisten männlichen Kälber mit einem Lebendgewicht von etwa 75 kg zur Mast liegt. Die verbliebenen Datenpunkte stammen von den sechs zur Eigenleistungsprüfung bestimmten Tieren.

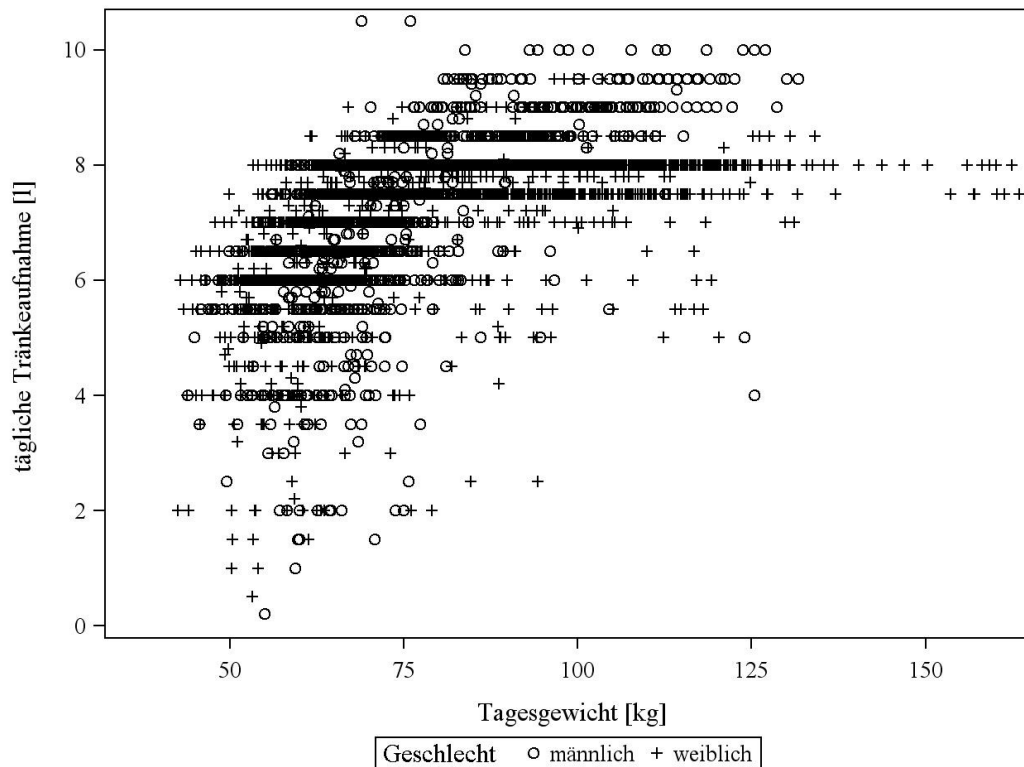


**Abbildung 10:** Streudiagramm der täglichen Tränkeaufnahme in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

### 2.1.2 Einfluss des Gewichtes auf die Tränkeaufnahme

Um den Einfluss des Gewichtes auf die Tränkeaufnahme überprüfen zu können, wurde die Tränkemenge in Abhängigkeit zum Tagesgewicht aufgetragen und nach Geschlecht unterschieden. Die berechnete Punktelwolke ist in Abb. 11 dargestellt. Deutlich lässt sich ein steiler Anstieg der Tränkeaufnahme bei ansteigendem Gewicht erkennen, der Anstieg verläuft linear bis zu einem Tagesgewicht von 75 kg. Danach folgt die tägliche Tränkeaufnahme der Vorgabe des Tränkeplans für das jeweilige Geschlecht. Die Restriktion der Tränkemenge für weibliche Tiere auf acht Liter Milch pro Tag führt zu einem Abknicken der Kurve und einem waagrechten Verlauf der Kurve. Da die Tiere nicht mehr Milch aufnehmen können, verdichtet sich die Kurve in diesem Bereich. Bei den männlichen Tieren, die zur Eigenleistungsprüfung bestimmt sind, geht die Kurve erst ab einem Gewicht von etwa 85 kg in den waagrechten Verlauf über. Die Streuung der Werte ist relativ hoch. Manche Tiere erreichen die maximale Grenze schon mit etwa 55 bis 60 kg, andere erreichen die Obergrenze erst mit etwa 80 kg. Die Anzahl der Tagessätze für männliche Tiere wird durch den Verkauf der Tiere mit etwa 75 kg immer weniger.

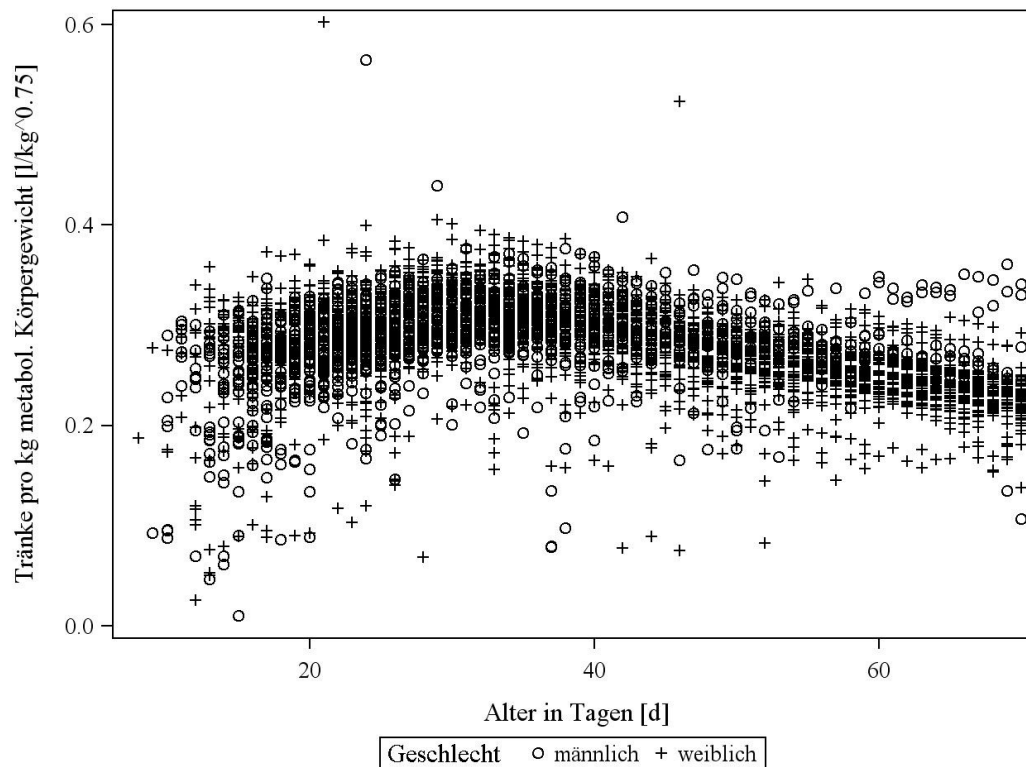
Die Punktwolke von männlichen und weiblichen Tieren überlagern sich, was ein Indiz dafür ist, dass es in diesem Altersabschnitt keinen geschlechtsspezifischen Unterschied in der Entwicklung der Körpermasse und in der Steigerung der täglichen Tränkeaufnahme gibt.



**Abbildung 11:** Streudiagramm der täglichen Tränkeaufnahme in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

Um weitere Einflüsse wie z.B. die unterschiedliche Körpergröße oder den unterschiedlich starken Körperbau ebenfalls ausschließen zu können, wurde die Tränkeaufnahme pro kg metabolischen Körpergewichtes berechnet und für beide Geschlechter über die Tage im Versuch dargestellt (Abb. 12).

Die Punktwolke der beiden Geschlechter überlagern sich fast komplett und lassen keinen Rückschluss auf einen Effekt des Geschlechtes zu. Der Verlauf der Punktwolke steigt für beide Geschlechter vom Beginn bis etwa zum 35. Tag linear an, und erreicht dort ihr Maximum. Danach fällt dieser bis zum 70. Tag wieder linear ab. Auch die Streuung der Tageswerte nimmt ab je älter die Tiere werden, d. h. die einzelnen Punkte liegen enger beieinander.

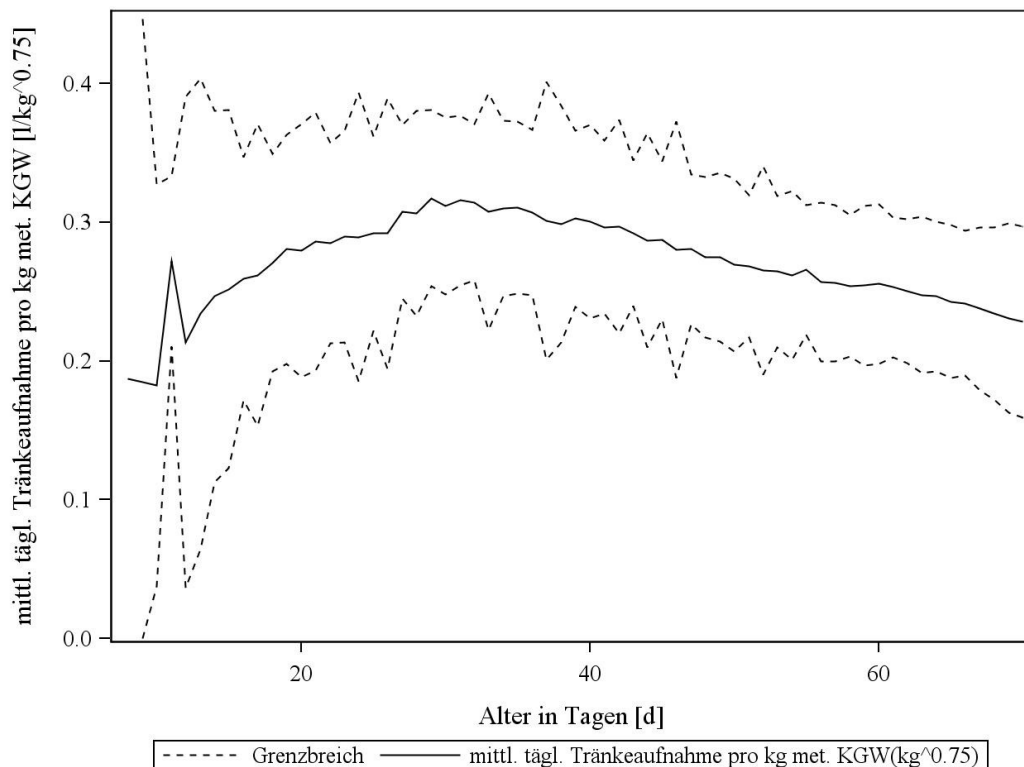


**Abbildung 12:** Streudiagramm der täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

### 2.1.3 Erstellung einer Eichkurve

Nach der Überprüfung der Einflüsse von Gewicht und Geschlecht auf die Tränkeaufnahme, wurde aus den Daten der gesunden Tiere eine Eichkurve erstellt. Dazu wurde die tägliche Trinkmenge im Verhältnis zum metabolischen Körpergewicht ermittelt und, unabhängig vom Geschlecht, über alle Tiere gemittelt. Als Grenzbereich wurde die doppelte Standardabweichung ( $2\sigma$ ) festgelegt. Der in Abb. 13 dargestellte Verlauf hat leicht parabolischen Charakter. Bis zu einem Alter von 30 Tagen steigt die Kurve zu einem Maximum von  $0,31 \text{ l/kg}^{0,75}$  an, danach fällt sie wieder ab, da die Kälber ab diesem Moment eine Obergrenze an abrufbarer Milch pro Tag erhalten haben. Der Grenzbereich ist zu Beginn der Tränkezeit sehr weiten und starken Schwankungen unterlegen, was auf große tierindividuelle Schwankungen der täglich aufgenommenen Tränkemengen hinweist. Gegen Ende der Tränkephase werden die Schwankungen geringer und die Kurve beruhigt sich. Ab etwa dem 55. Lebenstag sind keine Schwankungen mehr zu sehen.





**Abbildung 13:** Verlauf der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter (105 Tiere)

## 2.2 Tränkeaufnahme kranker Kälber

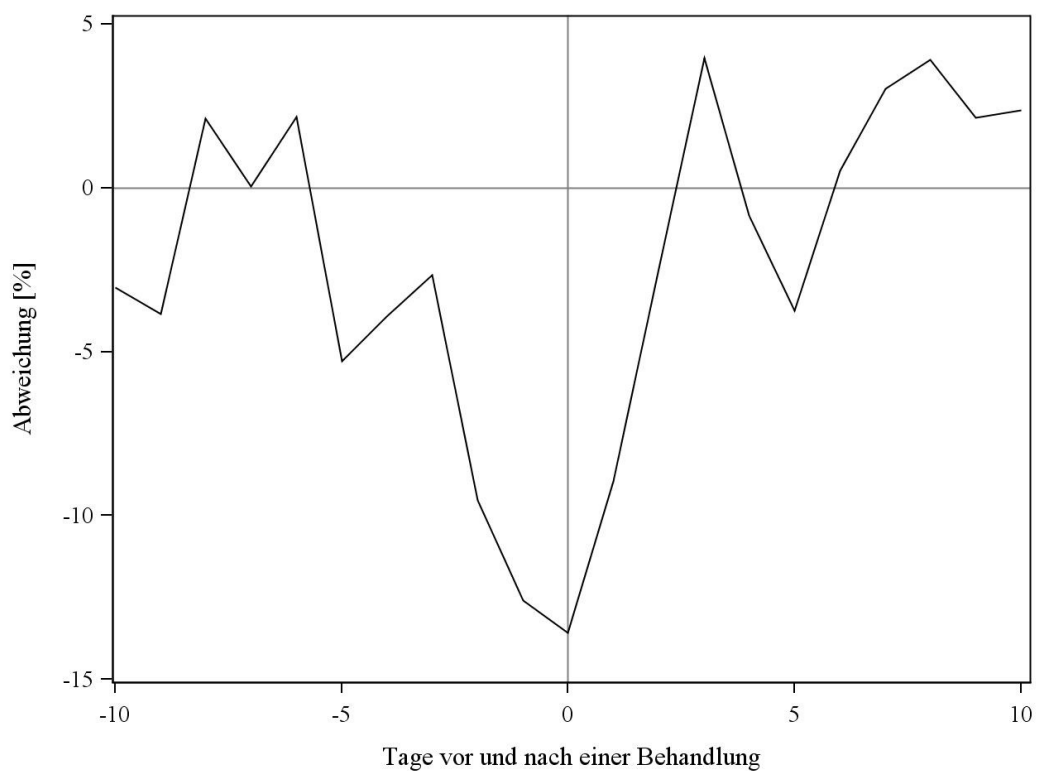
Von den 70 Tieren, die im Versuchszeitraum behandelt wurden, waren bei nur 38 Tieren die Daten für den Zeitraum von zehn Tagen vor der Erkrankung bis zehn Tage nach einer Erkrankung vollständig vorhanden. Für diese Tiere wurde die tägliche Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht ( $\text{l/kg}^{0,75}$ ) ermittelt und mit der zuvor erstellten Eichkurve verglichen.

### 2.2.1 Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei allen Erkrankungen

Die Abweichung von der Eichkurve wurde in Prozent angegeben. Um die tierindividuellen Streuungen der Tränkeaufnahme pro kg met. Körpergewicht zu minimieren, wurden die einzelnen Werte der erkrankten Tiere pro Tag gemittelt und deren Verlauf von zehn Tagen vor der Erkrankung bis zehn Tage nach der Erkrankung in Abb. 14 dargestellt. Im Verlauf der Kurve lässt sich erkennen, dass die Tiere im Bereich zwischen zehn und fünf Tagen vor der Behandlung in einem Bereich von  $\pm 4 \%$  pendeln. Ab dem dritten Tag vor der Behandlung sinkt die Kurve stark ab und erreicht zum Behandlungstag im Mittel etwa 14 % weniger Tränkemenge pro Tag. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die

Erkrankung einen Einfluss auf die Tränkeaufnahme besitzt. Allerdings ist der Effekt der Erkrankung auf die mittlere Tränkeaufnahme mit etwa 14 % als nicht sehr stark einzustufen.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Therapie der Erkrankung einen deutlichen Einfluss auf die Tränkeaufnahme hat. Schon einen Tag nach der Behandlung kehrt die Tränkeaufnahme pro kg met. KGW der Kälber wieder in den Bereich von etwa  $\pm 4$  % Abweichung von der mittleren Tränkeaufnahme der gesunden Kälber zurück.



**Abbildung 14:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht von kranken Tieren (n=38) im Verhältnis zu gesunden Tieren (n=105) über alle Krankheiten

### 2.2.2 Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei den einzelnen Erkrankungen

Bei der Auswertung der Daten wurde auch überprüft, wie die einzelnen Krankheitskomplexe den Kurvenverlauf der Abweichung der Tränkeaufnahme pro kg Körpergewicht verändern um somit bei der Früherkennung auch einen Hinweis auf die evtl. auftretende Krankheit zu bekommen. Dazu wurde die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Krankheitskomplexe für beide Geschlechter berechnet (Tabelle 6). Die klassischen Kälberkrankheiten, d.h. Erkrankungen im Bereich der Atemwege, des Gastrointestinaltraktes und des Nabels, sind relativ häufig vertreten, die anderen Erkrankungen eher selten. Die Erkrankungen sind bei beiden Geschlechtern gleich stark vertreten. Am häufigsten litten die Kälber an Atemwegserkrankungen, dicht gefolgt von den Magen-Darm Erkrankungen. Mit etwas Abstand folgen dann die Erkrankungen des Nabels, an denen die männlichen Tiere stärker zu erkranken scheinen.

**Tabelle 6:** Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Tränkeaufnahme nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)

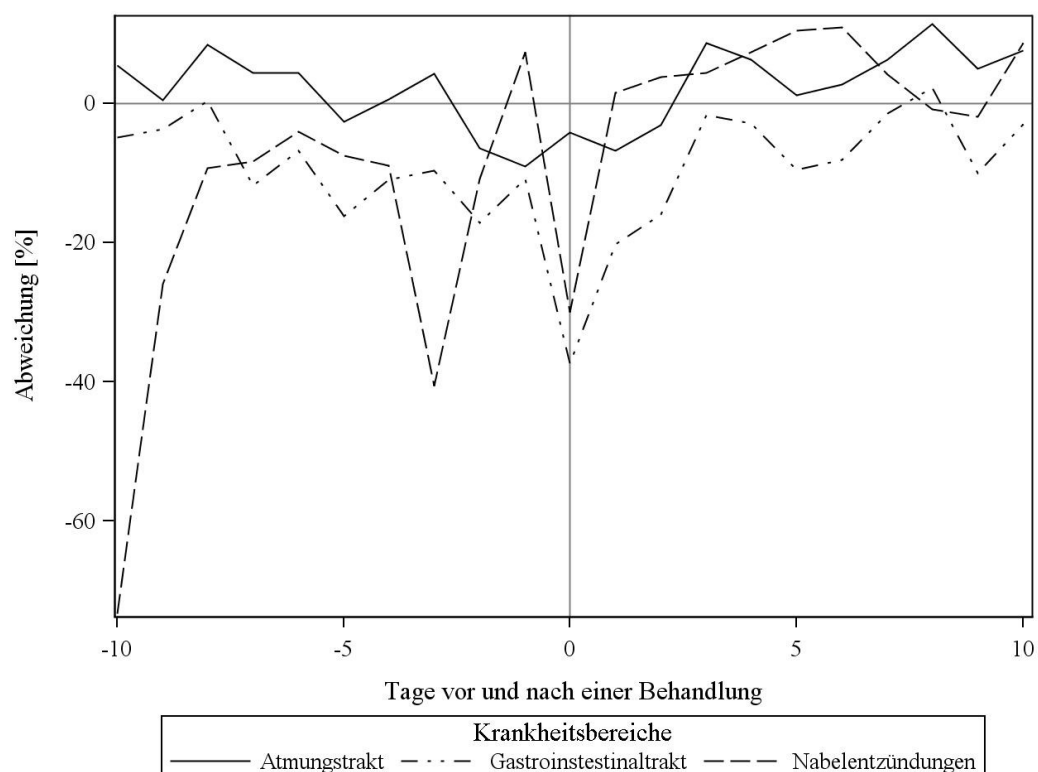
	männlich	weiblich	gesamt
<b>Erkrankte Tiere</b>	21	17	38
<b>Atmungstrakt</b>	11	10	21
<b>Gastrointestinaltrakt</b>	4	3	7
<b>Bewegungsapparat</b>	1	2	3
<b>Nabelentzündungen</b>	3	1	4
<b>Gemischte Form I (Nabel und Atemwege)</b>	0	0	0
<b>Gemischte Form II (Nabel und Sonstiges)</b>	1	0	1
<b>Sonstiges</b>	1	2	3

Abbildung 15 zeigt die Verlaufskurven der prozentualen Abweichung für die klassischen Kälberkrankheiten in den Krankheitsbereichen GIT, Atemwege und Nabel.

Atemwegserkrankungen scheinen die Kälber in ihrer Tränkeaufnahme nicht ganz so stark zu beeinträchtigen. Die mittlere Abweichung der Tränkeaufnahme pro kg met. Körpergewichtes schwankte im Bereich von etwa  $\pm 10\%$ . Einen Tag vor der Behandlung wird die maximale neg. Abweichung von  $-9\%$  erreicht. Der Behandlungstag, also der erste Tag in einer Behandlungsphase bringt eine geringgradige Verbesserung ( $-4\%$ ), aber erst ab dem dritten Tag nach

Behandlungsbeginn gelangt die Kurve in den Bereich von etwa  $\pm 10\%$  zurück.

Kälber, die an Magen-Darm-Erkrankungen leiden, scheinen schon mehrere Tage lang weniger als die gesunden Kälber zu trinken. Die Abweichung von der Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht liegt zwischen  $-17\%$  und  $-6\%$  vor der Behandlung, danach steigt der Bereich an und pendelt sich ab dem siebten Tag nach der Behandlung auf einen Bereich zwischen  $\pm 5\%$ . Am Behandlungstag sinkt die Abweichung auf ihr Maximum von  $-37\%$  ab. Die Kälber reagieren deutlich empfindlicher auf den Beginn einer Krankheit, jedoch erholen sie sich schnell wieder.



**Abbildung 15:** Verlauf der prozentualen Abweichungen der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere ( $n=38$ ) im Verhältnis zu den gesunden Tieren ( $n=105$ ) über Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt ( $n=24$ ), Gastrointestinaltrakt ( $n=18$ ) und Nabel ( $n=9$ )

Bei Erkrankungen im Nabelbereich schwankt die mittlere Abweichung sehr stark zwischen  $-40\%$  und  $+10\%$  ab etwa dem vierten Tag vor einer Behandlung. Die Therapie führt aber sehr schnell zu einer Besserung und einer mittleren Abweichung, die ähnlich wie bei den beiden anderen Krankheiten in einem Bereich von  $\pm 10\%$  um die mittlere Tränkeaufnahme pro kg met. Körpergewicht der gesunden Tiere schwankt.

Der Vollständigkeit halber wurde für die anderen erfassten Krankheitskomplexe ebenfalls die mittlere Abweichung der Tränkeaufnahme pro kg met. Körpergewicht berechnet und deren Verlauf in einer Grafik dargestellt (Anhang 3). Aufgrund der geringen Fallzahlen können nur Tendenzen abgeleitet werden.

### 2.3 Eignung der Tränkeaufnahme zur Krankheitsfrüherkennung

Der Verlauf der prozentualen Abweichung der Tränkeaufnahme von kranken Kälbern im Vergleich zu gesunden Kälbern in Abb. 7 weist darauf hin, dass die Tränkeaufnahme der erkrankten Tiere ab dem fünften Tag vor der Erkrankung durch die Erkrankungen beeinflusst wird. Mit Hilfe der Receiver-Operating-Characteristic Kurvenanalyse wurde für jeden einzelnen Tag vor der Behandlung überprüft, wie empfindlich die Tränkeaufnahme auf eine Erkrankung reagiert, d.h. wie gut sich kranke Tiere anhand der Tränkeaufnahme erkennen lassen.

In Tabelle 7 sind die AUC-Werte (Area Under the Curve) für den Zeitraum vom fünften Tag vor der Behandlung bis zur Behandlung dargestellt.

**Tabelle 7:** AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Tränkeaufnahme über den Zeitraum fünf Tage vor der Behandlung bis zum Behandlungstag

Tage vor Behandlung	5	4	3	2	1	Behandlung
AUC-Werte	0,6229	0,6843	0,6486	0,6437	0,7504	0,7451
p-Werte	0,0021	0,0040	0,0176	0,0003	<0,0001	< 0,0001

Am Tag vor der Behandlung und am Behandlungstag ist der Wert der AUC höher als die Tage zuvor. Die beiden Werte mit etwa 0,75 heben sich deutlich von dem AUC-Wert der Winkelhalbierenden (0,5) ab, sodass an den beiden Tagen die Tränkeaufnahme nachweislich durch Erkrankungen beeinflusst wird.

Die p-Werte bleiben über den gesamten Zeitraum unterhalb des Niveaus von 0,05 und sind damit statistisch signifikant. Das heißt, dass die Fläche unter der Kurve deutlich von dem Wert abweicht und der Parameter Tränkeaufnahme einen hohen diagnostischen Nutzen aufweist.

Somit eignet sich die Tränkeaufnahme für die Früherkennung von Krankheiten.

### **3. Kraftfutter**

Zur Auswertung der Kraftfutterdaten wurden die erhobenen Datensätze weiter bereinigt. Die untere Altersgrenze wurde analog zur Tränke auf sieben Tage angehoben, die obere Altersgrenze verblieb auf 90 Tagen. Leere und unvollständige Tagesdatensätze innerhalb des Auswertungszeitraumes wurden gelöscht. Somit standen insgesamt 13134 Datensätze zur Verfügung. Die Anzahl der Tiere insgesamt blieb gleich, ebenso die Anzahl der männlichen und weiblichen Kälber. Männliche Tiere lieferten 3913 Datensätze (29,79 %), weiblich Kälber 9221 (70,21 %).

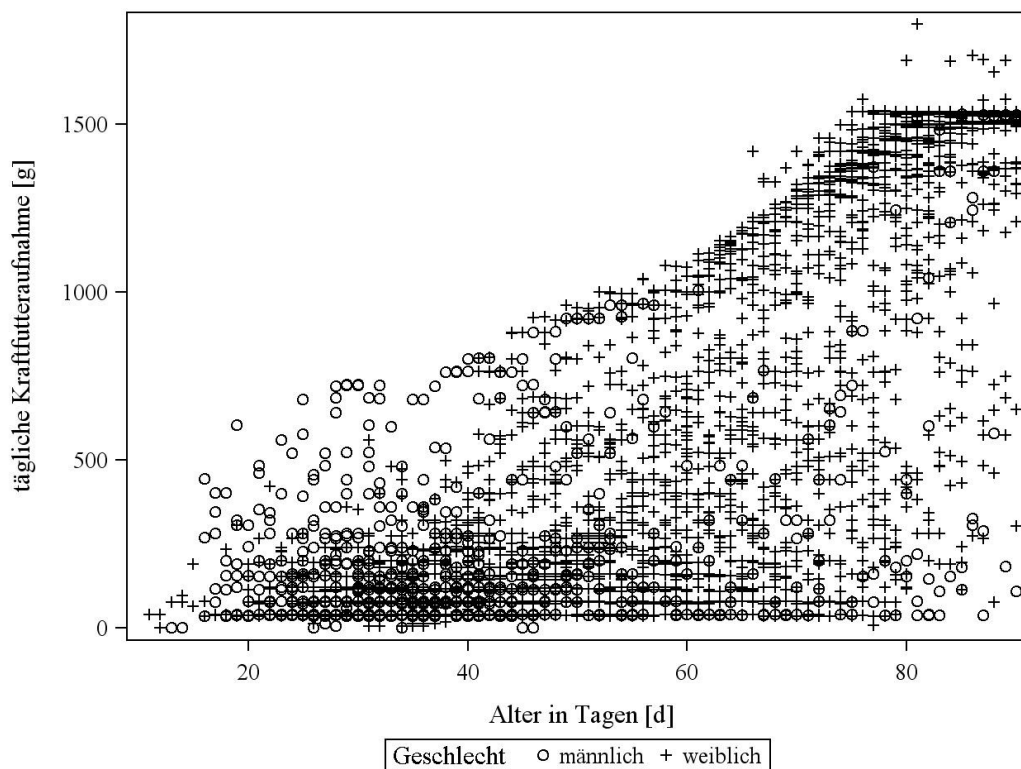
#### **3.1 Kraftfutteraufnahmen gesunder Kälber**

Als Grundlage für die Auswertung der Kraftfutteraufnahme von gesunden Kälbern dienten – analog zur Auswertung der Tränkemenge - die Daten der Kälber, die bei den routinemäßigen Untersuchungen als völlig gesund eingestuft wurden. Somit wurden 105 von 233 Tieren (45,06 %) für die Auswertung verwendet werden. 57 Tiere waren weiblichen Geschlechtes (54,29 %), 48 Tiere männlichen Geschlechtes (45,71 %)

##### **3.1.1 Einfluss des Geschlechts auf die Kraftfutteraufnahme**

Im Versuch wurde männlichen und weiblichen Kälbern die gleiche Menge Kraftfutter pro Tag zugeteilt. Bei Einstellung erhielten die Kälber max. 500 g Kraftfutter pro Tag über den Automaten zugeteilt. Nach drei Tagen wurde die maximale Tagesration an Kraftfutter in den folgenden 40 Tagen kontinuierlich auf 1000 g pro Tag gesteigert, danach folgte eine raschere Anhebung der erlaubten täglichen Kraftfuttermenge auf 1500 g pro Tag innerhalb von 25 Tagen und blieb in den darauffolgenden Tagen auf diesem Wert. Abbildung 16 zeigt die Verteilung der Kraftfuttermenge in Abhängigkeit vom Alter. Die Steigerung der Kraftfutteraufnahme folgt exakt den im Futterplan festgelegten Tageshöchstmengen bis 1500 g Kraftfutter pro Tag. Die anschließende Beschränkung der maximal erlaubten Tagesmenge an Kraftfutter auf 1500 g pro Tag zeigt sich deutlich als dichte Ansammlung von Werten in diesem Bereich ab einem Alter von 75 Tagen. Weiterhin lässt sich ab einem Alter von 20 Tagen bis zu einem Alter von 80 Tagen eine zweite dichte Punktwolke finden, die unterhalb eines Grenzwertes von 250 g Kraftfutter pro Tag liegt. Ab einem Alter

von 75 Tagen beginnt diese dichte Punktwolke bis zu einem Alter von 80 Tagen kontinuierlich abzunehmen. Die Verteilung der Wertepunkte zwischen den beiden Grenzbereichen ist gleichmäßig. Bei einem Vergleich der Punktwolken für die einzelnen Geschlechter fällt auf, dass männliche Kälber zu Beginn der Fütterung größere Mengen an Kraftfutter aufnehmen als die weiblichen Tiere. Im weiteren Verlauf ist das Verhältnis wieder ausgeglichen und beide Geschlechter nehmen gleich viel Kraftfutter auf, was dafür spricht, dass das Geschlecht keinen Einfluss auf die Kraftfutteraufnahme hat.

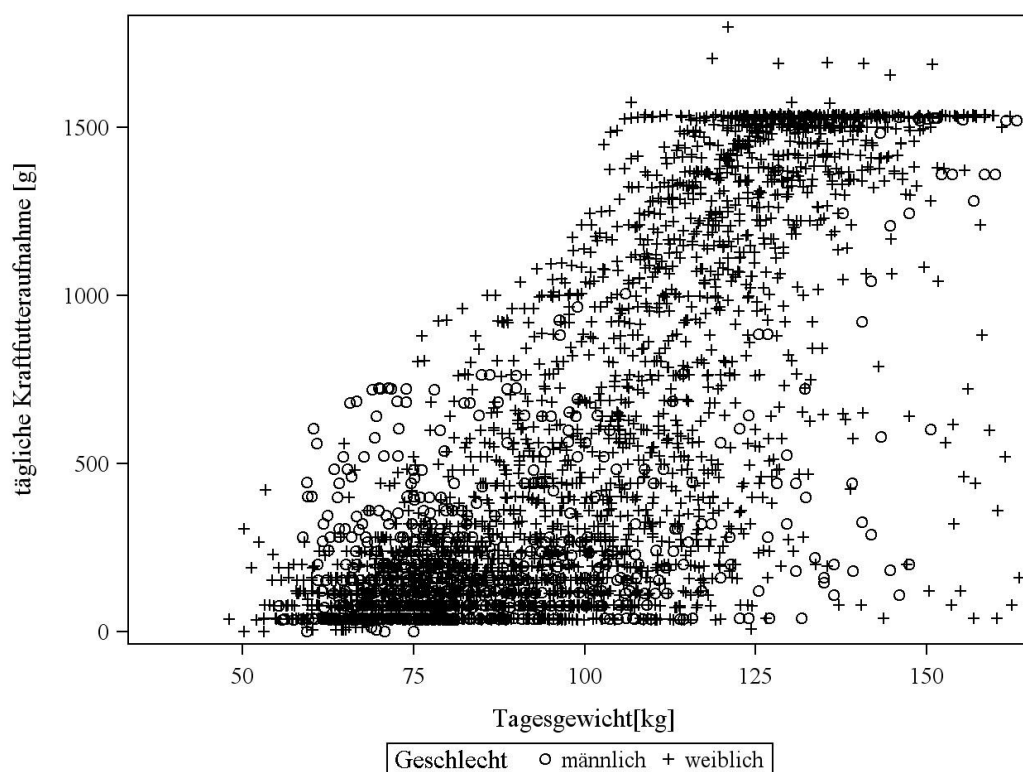


**Abbildung 16:** Streudiagramm der täglichen Kraftfutteraufnahme in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

### 3.1.2 Einfluss des Gewichts auf die Kraftfutteraufnahme

In einem weiteren Schritt wurde überprüft, welchen Einfluss das Gewicht auf die Kraftfutteraufnahme pro Tag hat. Dazu wurde die tägliche Kraftfutteraufnahme in das Verhältnis zum Tagesgewicht gesetzt (Abbildung 17). Viel deutlicher treten hier die beiden o.a. Punktwolken hervor. Die eine bei einem Wert von 1500 g und ab einem Gewicht von 100 kg als Folge der Limitierung der Kraftfutteraufnahme auf 1500 g pro Tag, die andere in einem Gewichtsbereich von 50 – 125 kg Körpergewicht und einer täglichen Kraftfutteraufnahme von weniger als 500 g. Deutlich erkennbar ist die kontinuierliche Steigerung der

Kraftfutteraufnahme auf eine maximale Menge von 1,5 kg bei gleichzeitiger Steigerung des Körpergewichtes zwischen 60 kg und 120 kg Körpergewicht. Dabei ist auffällig, dass die tägliche Kraftfutteraufnahme einer hohen Streuung unterliegt. Tiere mit guter Kraftfutteraufnahme erreichen schon mit etwa 100 kg die maximale erlaubte Tagesaufnahme von 1500 g Kraftfutter pro Tag, während bei Tieren mit mäßigem Kraftfuttermittelverzehr erst ab etwa 120 kg Körpergewicht ihre täglich aufgenommene Kraftfuttermenge steigt. Interessanterweise ist die Steigerung pro Tag bei beiden Gruppen gleich, so dass sich die Mehrheit der Punkte innerhalb eines Parallelogramms befindet. Damit besitzt das Gewicht einen Einfluss auf die Kraftfutteraufnahme pro Tag.



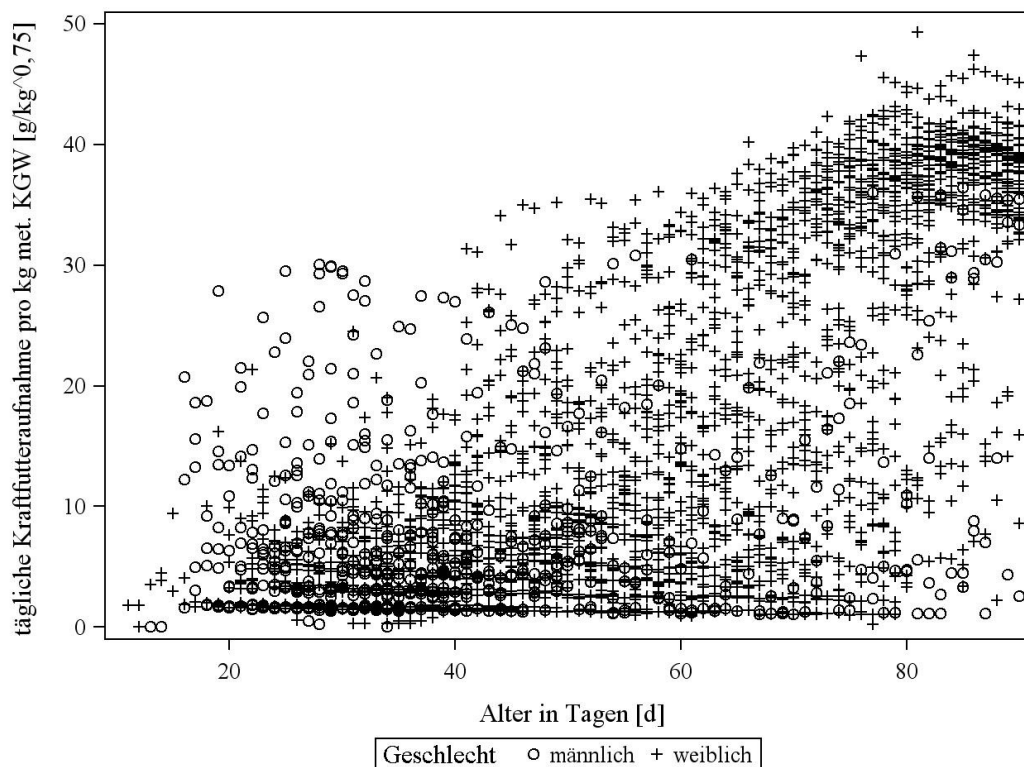
**Abbildung 17 :** Streudiagramm der täglichen Kraftfutteraufnahme in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

Um den Einfluss von Körpergröße und Knochengewicht auszuschließen und um den Verlauf der Kraftfutteraufnahme und des Gewichtes beurteilen zu können, wurde überprüft, wie sich die tägliche Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht im Verhältnis zum Alter verhält.

Das Streudiagramm in Abb. 18 zeigt bis etwa zum 70. Lebensstag eine kontinuierliche Zunahme der täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches



Körpergewicht, danach flacht sie ab und beginnt ab dem 75. Lebenstag zu sinken. Ebenfalls gibt es einen Bereich zwischen dem 20. und dem 60. Lebenstag mit hoher Dichte, in dem die tägliche Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht zwischen 0 und 10 g liegt. Das weist darauf hin, dass viele Kälber in dieser Zeit nur wenig Kraftfutter aufnehmen, weil sie sich hauptsächlich von Milch ernähren. Ab dem 80. Lebenstag stellt sich eine dichte Punktwolke in einem Bereich von 35-40  $\text{g/kg}^{0,75}$  dar, die langsam absteigt. Dieser dichte Bereich entsteht als Ergebnis der limitierten Kraftfuttergabe von max. 1500 g pro Tag. Die Verteilung der Werte ist gleichmäßig. Auffällig ist, dass männliche Tiere in den ersten 20 Lebenstagen deutlich mehr Kraftfutter pro kg metabolisches Körpergewicht verzehren als die weiblichen Tiere. Dieser Vorteil wird von den weiblichen Tieren nach und nach eingeholt.



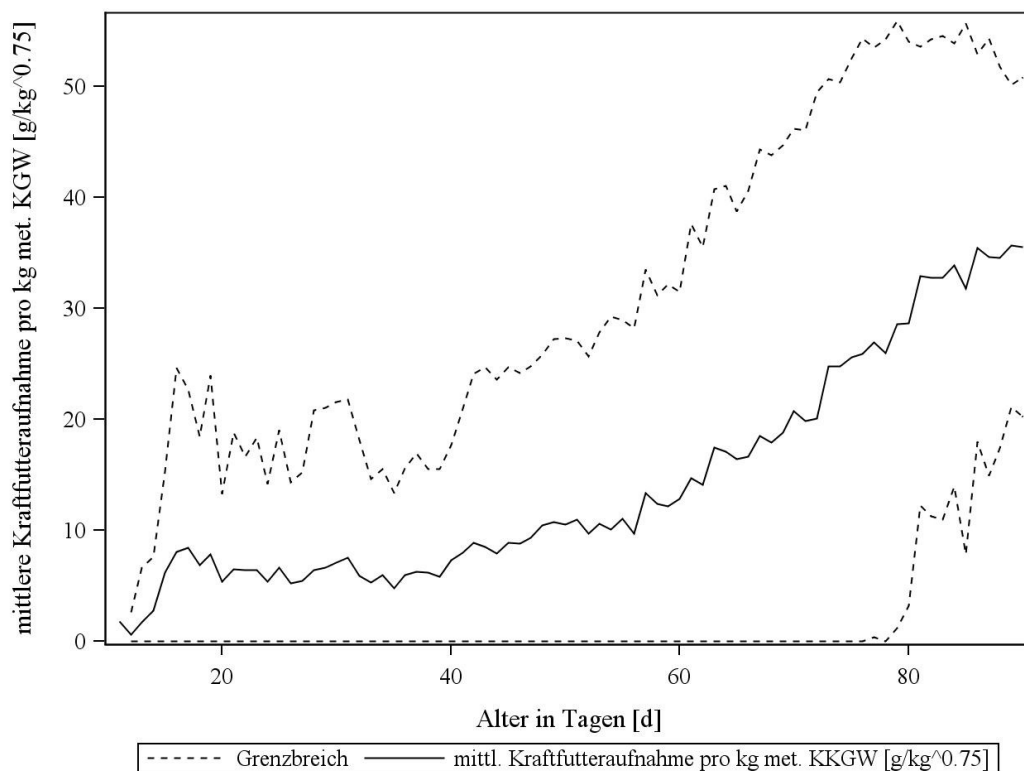
**Abbildung 18:** Streudiagramm der täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

### 3.1.3 Erstellung einer Eichkurve

Die Eichkurve wurde aus den Daten von allen als gesund eingestuften Tieren im Versuch erstellt. Dabei wurde die mittlere Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht im Verhältnis zum Alter berechnet. Als

Grenzbereich wurde die doppelte Standardabweichung ( $2\sigma$ ) gewählt. Negative Werte, die bei der Berechnung des Grenzbereichs entstanden, wurden auf Null gesetzt.

Der Verlauf der mittleren Kraftfutteraufnahme pro kg met. Körpergewicht in Abb. 19 ist bis zum 45. Lebenstag konstant, d.h. die Kälber fressen im Mittel nur etwa  $7 \text{ g/kg}^{0,75}$ . Im weiteren Verlauf steigt die Kurve bis zum 70. Lebenstag auf einen Wert von etwa  $16 \text{ g/kg}^{0,75}$  an. In der Zeit vom 70. bis zum 80. Lebenstag, also zum Zeitpunkt des Absetzens, kommt es nochmals zu einer Steigerung auf Werte um die  $30 \text{ g/kg}^{0,75}$ . Ab dem 80. Lebenstag flacht die Kurve wieder ab und pendelt sich bei etwa  $32 \text{ g/kg}^{0,75}$  ein.



**Abbildung 19:** Verlauf der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter (105 Tiere)

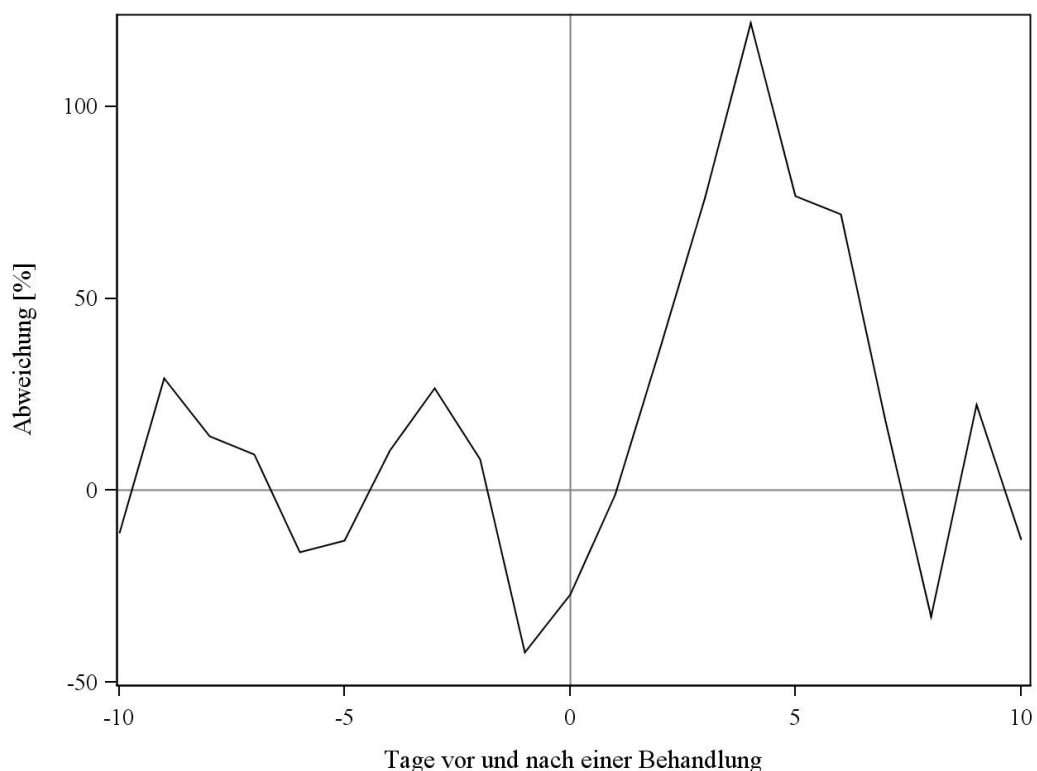
Aus dem Verlauf der Kurven für obere und untere Grenze lässt sich die große Streuung durch die tierindividuelle Schwankungen der täglichen Kraftfutteraufnahme ablesen. Am Anfang schwankt der Grenzbereich beträchtlich, die Kälber nehmen unterschiedliche Mengen an Kraftfutter auf. Im weiteren Verlauf nahmen die Kälber ihr Futter in etwa gleichbleibenden Mengen auf.

### 3.2 Kraftfutteraufnahme kranker Kälber

Von den 70 behandelten Tieren konnten nur die Daten von 42 Tieren ausgewertet werden, da bei ihnen die Daten für den Zeitraum von zehn Tagen vor der Erkrankung vollständig waren. Für diese Tiere wurde im weiteren Verlauf die mittlere tägliche Kraftfutteraufnahme pro kg met. Körpergewicht ermittelt und mit der zuvor erstellten Eichkurven verglichen.

#### 3.2.1 Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei allen Erkrankungen

Die Abweichung von der Eichkurve wurde in Prozent angegeben. Um die tierindividuellen Streuungen der Kraftfutteraufnahme pro kg met. Körpergewicht zu minimieren, wurden die einzelnen Werte der erkrankten Tiere pro Tag gemittelt und deren Verlauf von 10 Tagen vor der Erkrankung bis 10 Tage nach der Erkrankung dargestellt. Abb. 20 zeigt den Verlauf der mittleren Abweichung der erkrankten Tiere von der Eichkurve an.



**Abbildung 20:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere ( $n=42$ ) im Verhältnis zu den gesunden Tiere ( $n=105$ ) über alle Erkrankungen

Etwa ein bis zwei Tage vor einer Erkrankung sinkt die Kurve deutlich auf einen

Wert von etwa 47 % weniger Kraftfutteraufnahme pro Tag ab. Nach einer Behandlung steigt die Kurve wieder steil an und liegt bei Werten von über 100%. Das ist ein Hinweis darauf, dass die Therapie der zugrundeliegenden Erkrankung erfolgreich war. Etwa ab dem siebten Tag nach der Behandlung pendelt sich die Kurve bei einer Abweichung von etwa  $\pm 25$  % ein.

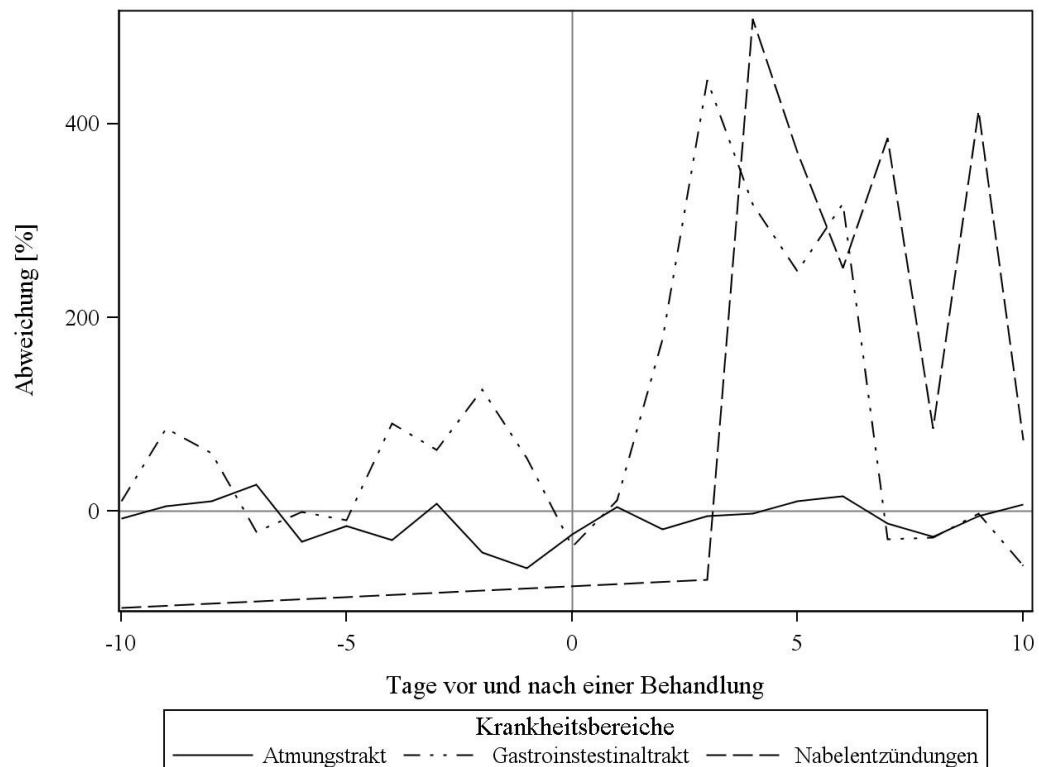
### 3.2.2 Prozentuale Abweichung von kranken Tieren bei einzelnen Erkrankungen

Im Folgenden wurde überprüft welchen Einfluss die einzelnen Erkrankungen auf die prozentuale Abweichung der Kraftfuttermenge pro kg met. Körpergewicht haben. Zuerst wurden die Häufigkeiten des Auftretens der einzelnen Krankheiten für beide Geschlechter berechnet. Die meisten Erkrankungen traten im Bereich der Atemwege auf, dicht gefolgt von den Erkrankungen im Gastrointestinaltrakt. Die Anzahl der Beobachtungen ist bei den restlichen Erkrankungen gering, sodass die Interpretation der Ergebnisse und der Verlaufskurve nicht möglich ist. Die Verlaufskurve der prozentualen Abweichung für Erkrankungen im Bewegungsapparat, bei Mischformen und bei sonstigen Erkrankungen ist im Anhang 4 aufgeführt.

**Tabelle 8:** Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Kraftfutteraufnahme nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)

	männlich	weiblich	gesamt
<b>Behandelte Tiere</b>	22	20	42
<b>Atmungstrakt</b>	11	15	26
<b>Gastrointestinaltrakt</b>	5	5	10
<b>Bewegungsapparat</b>	1	2	3
<b>Nabelentzündungen</b>	3	1	4
<b>Gemischte Form I (Nabel und Atemwege)</b>	0	0	0
<b>Gemischt Form II (Nabel und onstiges)</b>	1	0	1
<b>Sonstiges</b>	1	2	3

Für die Interpretation des Einflusses einzelner Erkrankungen wurde die prozentuale Abweichung der mittleren Kraftfutteraufnahme pro kg met. Körpergewicht über den Zeitraum von zehn Tage vor bis zehn Tage nach der Erkrankung berechnet und in Abb. 21 dargestellt.



**Abbildung 21:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere ( $n=42$ ) im Verhältnis zu den gesunden Kälbern ( $n=105$ ) über Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt ( $n=26$ ), Gastrointestinaltrakt ( $n=10$ ) und Nabel ( $n=4$ )

Eine Erkrankung im Gastrointestinaltrakt wirkt sich deutlich auf die Kraftfutteraufnahme aus. Etwa zwei Tage vor der Behandlung sinkt die Kraftfutteraufnahme deutlich von etwa + 100 % auf etwa 5 % weniger Kraftfutter am Behandlungstag ab. Nach der Therapie erholt sich die Kurve schnell wieder. Einen Tag nach Behandlung fressen die Kälber wieder mindestens genauso viel Kraftfutter wie gesunde Kälber, ab dem zweiten Tag nach der Behandlung fressen sie deutlich mehr. Ab etwa dem sechsten Tag nach der Behandlung fressen die Kälber wieder ähnlich viel Kraftfutter wie die gesunden Kälber.

Erkrankungen im Atmungstrakt haben kaum einen Einfluss auf die Kraftfutteraufnahme. Zwar sinkt auch hier die Kraftfutteraufnahme zwei Tage vor der Behandlung ab, die Abweichung beträgt aber maximal - 5 % von der Kraftfutteraufnahme der gesunden Tiere und ist damit nicht sehr stark ausgeprägt. Ihren Tiefpunkt erreicht die Kurve einen Tag vor der Behandlung. Interessanterweise steigt die Kurve zum Behandlungstag wieder an. Die Therapie der Erkrankung zeigt hier keine Wirkung, wie sie sie im Falle von gastrointestinalen Erkrankungen gezeigt hatte, denn die Steigung der Kurve bleibt

in etwa konstant. Ab dem ersten Tag nach der Behandlung pendelt die Kurve um Werte von  $\pm 2\%$  um die Kraftfutteraufnahme von gesunden Kälbern.

Bei Nabelerkrankungen scheint die Kraftfutteraufnahme schon Tage vor der Behandlung geringer zu sein als bei gesunden Tieren. Die Kurve steigt kontinuierlich bis zum Behandlungstag an. Die Therapie scheint keine Wirkung auf die Kälber zu besitzen, denn die Kurve behält ihre Steigung bis zum 3. Tag nach der Behandlung bei. Erst dann schnellt die Kurve in den positiven Bereich wo sie starken Schwankungen unterliegt und am zehnten Tag nach der Behandlung wieder das Niveau der gesunden Tiere erreicht.

### 3.3 Eignung der Kraftfutteraufnahme zur Früherkennung

Der Verlauf der Kurve in Abb. 14 deutet auf eine starke Abweichung der Kraftfutteraufnahme kranker Kälber im Vergleich zu den gesunden Tieren hin. Um zu überprüfen, ob sich kranke und gesunde Tiere anhand der Kraftfutteraufnahme unterscheiden lassen, wurden für jeden Tag vor der Behandlung die ROC-Kurve und die dazugehörigen AUC-Werte berechnet. Diese sind in Tabelle 9 dargestellt. Daraus lässt sich erkennen, dass mit Hilfe der Kraftfutteraufnahme einen Tag vor der Behandlung gut zwischen kranken und gesunden Tieren unterschieden werden kann, dass aber am Behandlungstag und den Tagen vor dem 1. Tag vor der Behandlung diese Unterscheidung nicht möglich ist.

**Tabelle 9:** AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Kraftfutteraufnahme über den Zeitraum von fünf Tagen vor der Behandlung bis zum Behandlungstag

Tage vor Behandlung	5	4	3	2	1	Tag der Behandlung
AUC-Werte	0,5958	0,5812	0,5206	0,5614	0,7335	0,6333
p-Werte	0,3578	0,4466	0,6403	0,5916	0,1473	0,2727

Die p-Werte liegen alle über dem Niveau von 0,05, selbst am Tag vor der Erkrankung, an dem die AUC eine gute Unterscheidung zwischen kranken und gesunden Tieren erlaubt. Das heißt, dass keiner der p-Werte signifikant ist und somit die Unterscheidung der gesunden und der kranken Tiere nicht zuverlässig möglich ist.

Somit kann die Kraftfutteraufnahme nicht für die Früherkennung verwendet werden.

#### **4. Wasseraufnahme**

Wasser stand den Tieren über den Tränkeautomaten vom Tag der Einstellung in die Kälberställe bis zum Ende des Auswertungszeitraumes ad libitum zur Verfügung. Analog zu den Auswertungen der täglichen Kraftfutteraufnahme wurde für die Auswertung der täglichen Wasseraufnahme der Zeitraum ab einem Alter von sieben Tagen bis zu einem Alter von 90 Tagen ausgewertet. Leere und unvollständige Datensätze wurden gelöscht. Die Anzahl der Tiere im Versuch blieb gleich, auch die Anzahl der männlichen und weiblichen Tiere. Männliche Tiere lieferten 3913 Datensätze (29,79 %), weiblich Kälber 9221 (70,21 %). Die Gesamtzahl der auswertbaren Datensätze umfasste 13134 Datensätze.

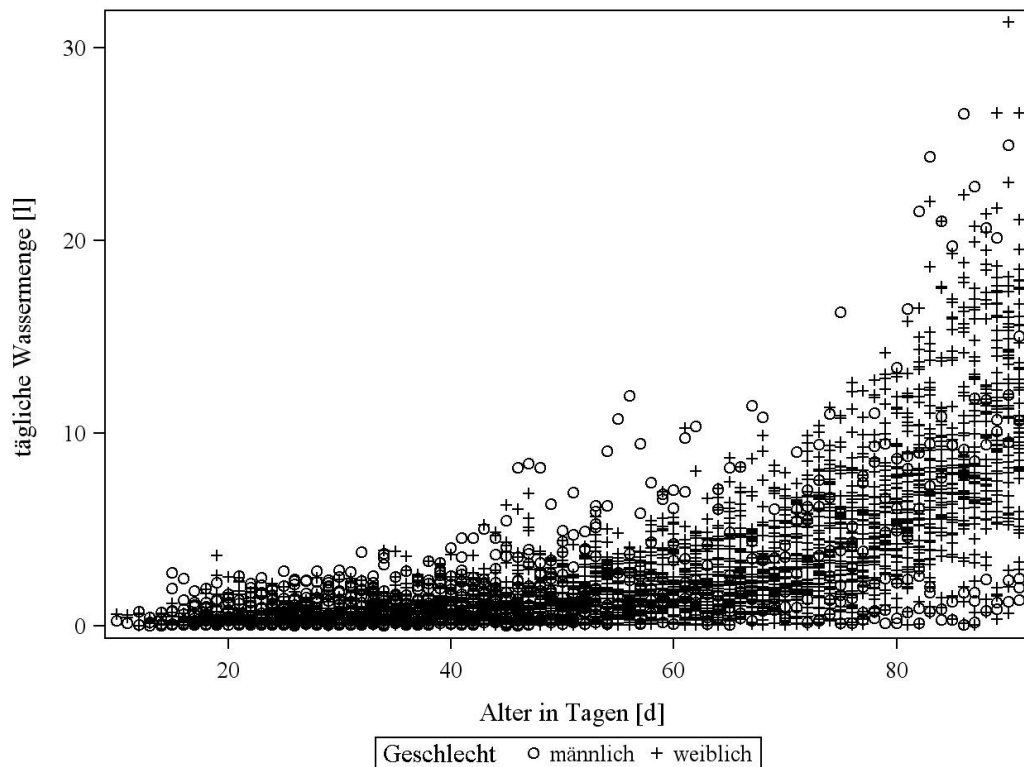
##### **4.1 Wasseraufnahme gesunder Kälber**

Tiere, die im Versuchszeitraum weder behandelt noch Abweichungen in der Kotkonsistenz aufwiesen, wurden als gesund bezeichnet. Aufgrund der strengen Definition des Gesundheitsstatus „gesund“ wurden für die weitere Auswertung die Daten von 105 Tieren herangezogen. Diese teilten sich in 48 männliche und 57 weibliche Tiere auf.

##### **4.1.1 Einfluss des Geschlechtes auf die Wasseraufnahme**

Zu Beginn der Auswertung wurde überprüft, ob das Geschlecht einen Einfluss auf die Wasseraufnahme hat. Dazu wurde die Wasseraufnahme pro Tag ins Verhältnis zum Alter der Tiere gestellt und nach Geschlecht getrennt in einem Streudiagramm dargestellt (Abb. 22). Die Wasseraufnahme ist nach der Einstellung bis zu einem Alter von 40 Tagen konstant, die Tiere benötigen nur etwa ein bis zwei Liter Wasser pro Tag zusätzlich. Ab einem Alter von 40 Tagen beginnt die Wasseraufnahme langsam anzusteigen. Ab dem 70. Tag wächst sie z.T. exponentiell an und die Tiere nehmen große Mengen Wasser auf.

Die Punktwolke der beiden Geschlechter liegen deckungsgleich übereinander. Somit besitzt das Geschlecht keinen Einfluss auf die tägliche Wasseraufnahme.



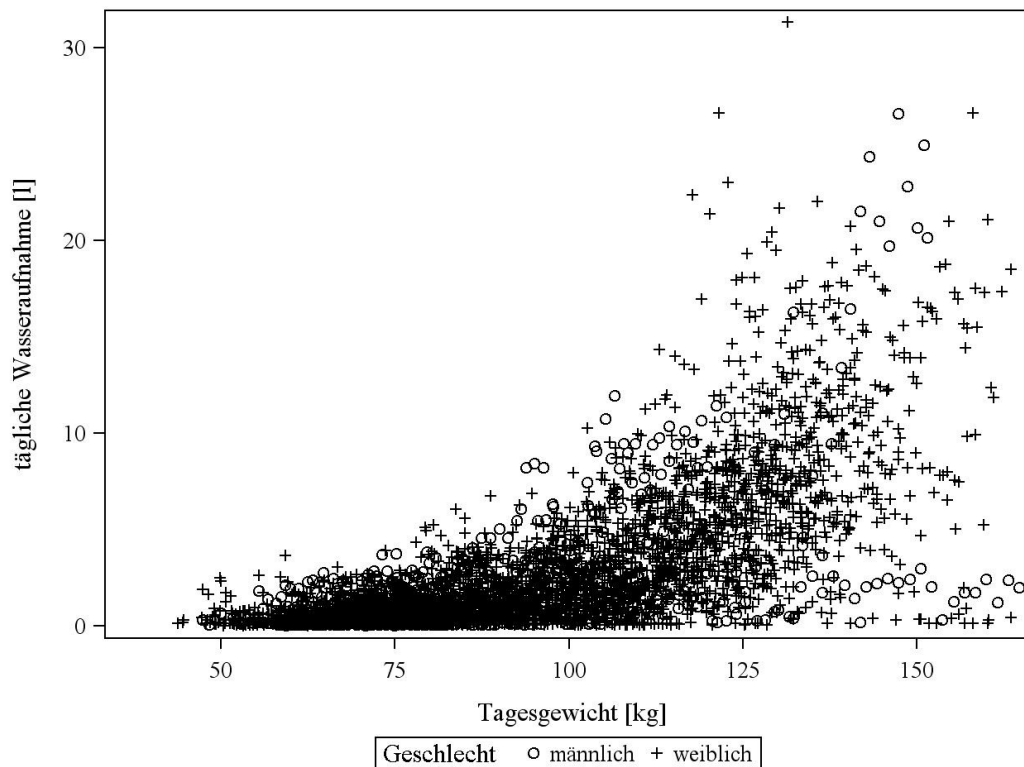
**Abbildung 22:** Streudiagramm der täglichen Wasseraufnahme in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

#### 4.1.2 Einfluss des Gewichtes auf die Wasseraufnahme

Als Nächstes wurde untersucht, ob das Gewicht einen Einfluss auf die Wasseraufnahme hat. Dazu wurde die Wasseraufnahme pro Tag ins Verhältnis zum Tagesgewicht gesetzt und für jedes Geschlecht getrennt berechnet. Das Streudiagramm für beide Geschlechter ist in Abb. 23 abgebildet.

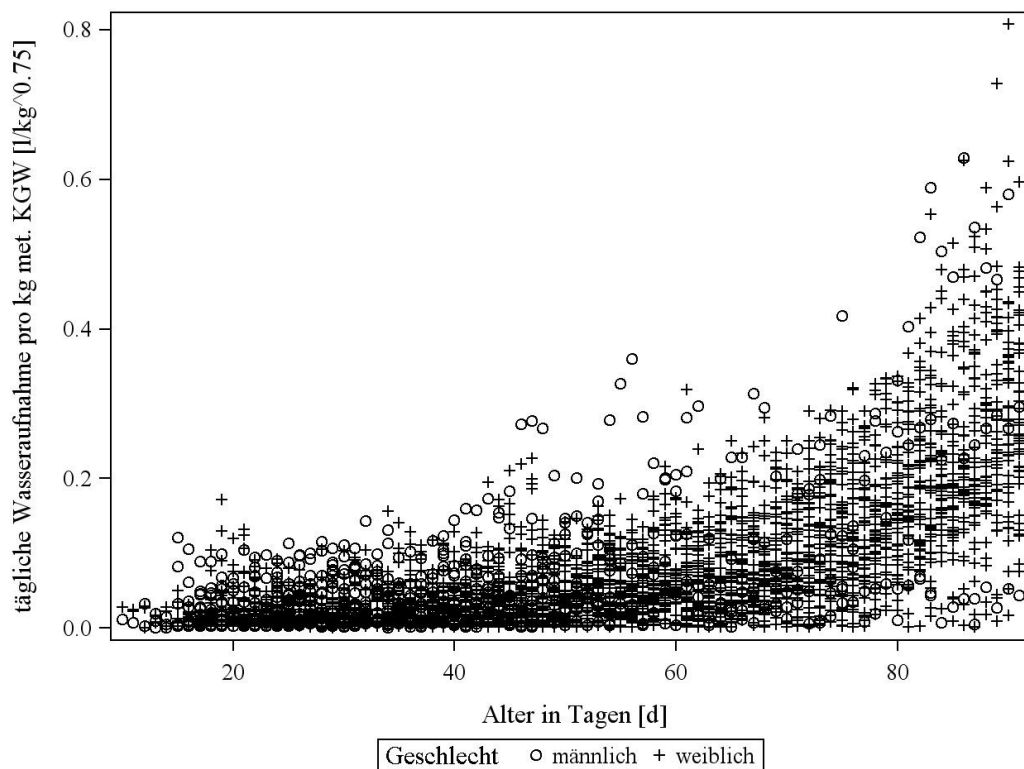
Im Bereich zwischen 50 kg bis 100 kg steigt die Kurve langsam und kontinuierlich auf etwa fünf Liter an. Die Punktwolke in diesem Bereich ist sehr dicht, die einzelnen Punkte liegen sehr eng beieinander, was für eine geringe Streuung in diesem Abschnitt spricht. Ab 100 kg Lebendgewicht zeigt die Wolke einen exponentiellen Anstieg und die Streuung der Werte nimmt zu. Der Verlauf der Kurve weist deutlich auf einen Einfluss des Gewichtes auf die Wasseraufnahme hin.





**Abbildung 23:** Streudiagramm der täglichen Wasseraufnahme in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht (47 männliche Tiere, 58 weibliche Tiere)

Um den Einfluss von Körpergröße und Knochengewicht auf das Tagesgewicht zu reduzieren, wurde das metabolische Körpergewicht errechnet und die Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht ermittelt. Der Verlauf der täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht im Verhältnis zum Alter ist in Abb. 24 dargestellt.



**Abbildung 24:** Streudiagramm der täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (48 männliche Tiere, 57 weibliche Tiere)

Bis zum 58. Lebenstag bleibt die tägliche Wasseraufnahme der Tiere relativ konstant im Bereich zwischen 0,0 und 0,1 l/kg<sup>0.75</sup>, d.h. die Kälber trinken zusätzlich zur Tränke nur wenig Wasser pro kg met. Körpergewicht. Die Datenpunkte liegen sehr dicht bei einander, was auf eine geringe tierindividuelle Streuung hinweist. Nach Beginn der Abtränkphase am 58. Lebenstag steigt die Kurve exponentiell an. Die Tiere ersetzen die fehlende Flüssigkeit aus der Tränke sehr schnell mit Wasser. Zu diesem Zeitpunkt nimmt auch die Streuung der Werte deutlich zu, weil durch die größere Wasseraufnahme tierindividuelle Schwankungen deutlicher hervortreten.

Die Punktwolken von männlichen und weiblichen Tieren liegen deckungsgleich übereinander, was darauf hinweist, dass das Geschlecht keinen Einfluss auf die Tränkeaufnahme pro kg met. Körpergewicht hat.

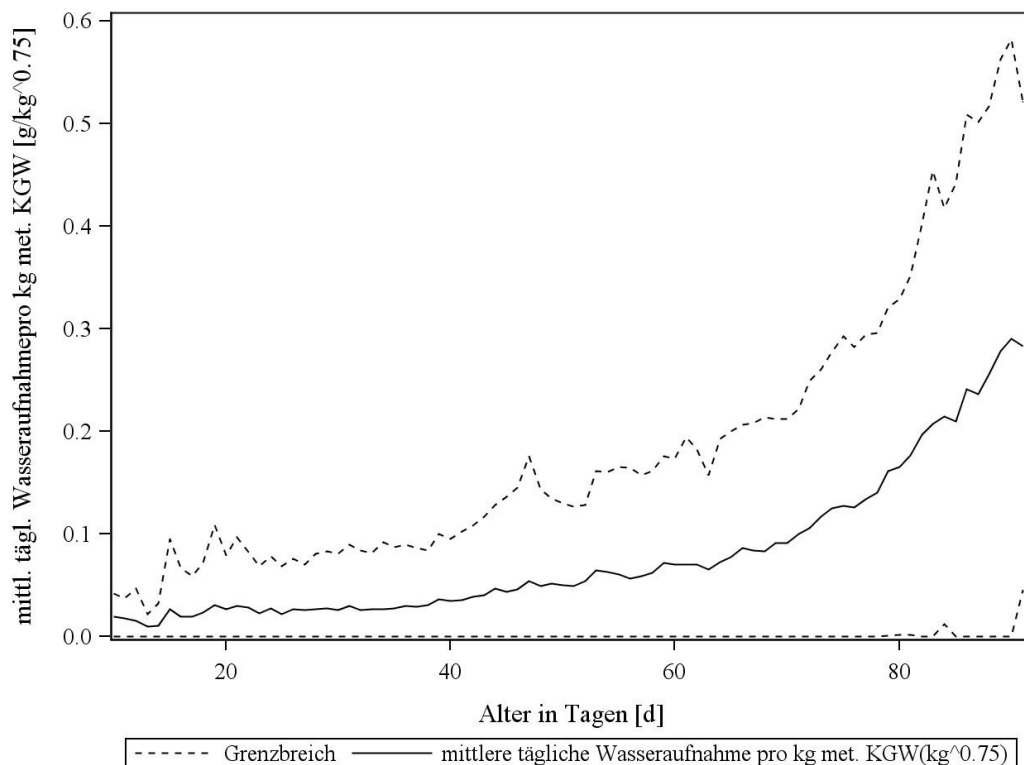
#### 4.1.3 Erstellung einer Eichkurve

Zur Erstellung der Eichkurve wurde die tägliche Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht über alle Tiere gemittelt und im Verhältnis zum Alter als Graph dargestellt (Abb. 25). Analog zur Tränkeaufnahme wurde auch

hier der Grenzbereich auf die doppelte Standardabweichung ( $2 \sigma$ ) festgelegt. Negative Werte, die bei der Berechnung des Grenzwertes entstanden, wurden auf 0 gesetzt.

Bis etwa zum 40. Lebenstag verbleibt die mittlere tägliche Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht auf einem Wert von  $0,025 \text{ l/kg}^{0,75}$ . Die Kälber decken den größten Teil ihres Flüssigkeitsbedarfes über die Milch und nehmen wenig zusätzliches Wasser auf. Ab dem 40. Lebenstag steigt sie kontinuierlich auf  $0,1 \text{ l/kg}^{0,75}$  am 70. Lebenstag an, da die limitierte Tagesmilchmenge nicht mehr zur Deckung des Flüssigkeitsbedarfes ausreicht. Ab dem 70. Lebenstag steigt sie weiter exponentiell an, da zu diesem Zeitpunkt die Absetzphase beginnt. Ab dem 90. Lebenstag scheint sich die Kurve auf ein Niveau von  $0,25 \text{ l/kg}^{0,75}$  einzupendeln.

Der Grenzbereich liegt am Anfang relativ nahe an der Kurve weil die Streuung der Werte in diesem Bereich nicht sehr groß ist. Im weiteren Verlauf nimmt er stetig zu, was auf einen Anstieg der Streuung der Werte und damit tierindividuellen Schwankungen zurückzuführen ist.



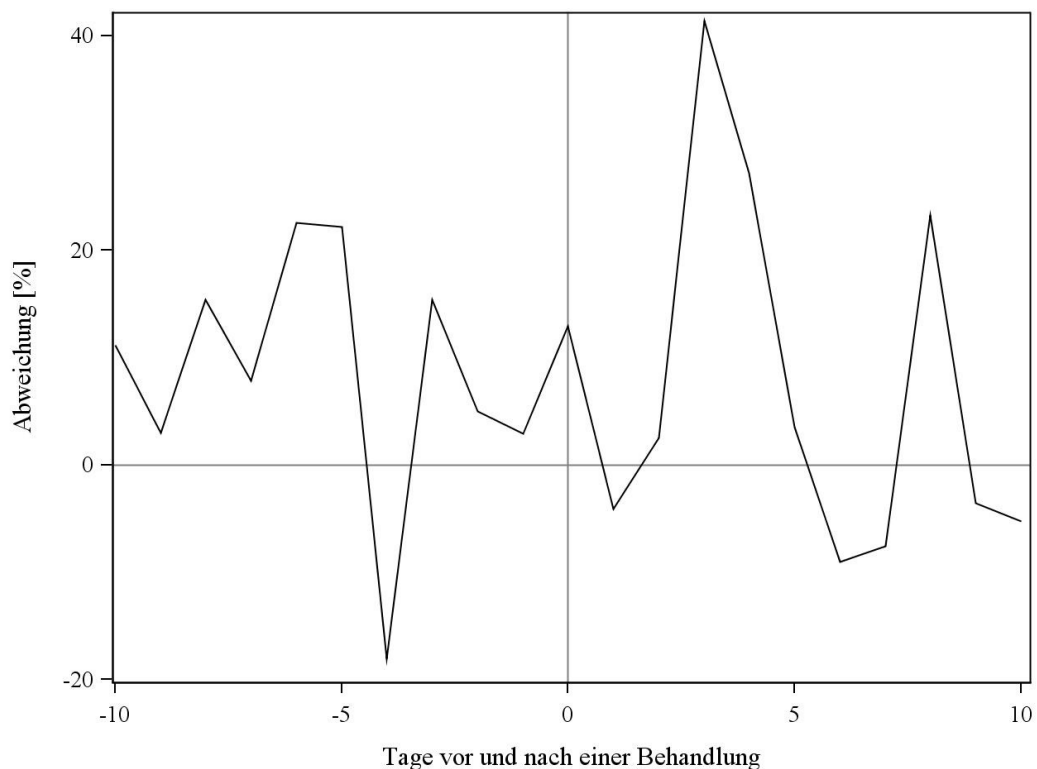
**Abbildung 25:** Verlauf der mittleren täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht in Abhängigkeit vom Alter (105 Tiere)

## 4.2 Wasseraufnahme kranker Tiere

Im Rahmen des Auswertungszeitraumes wurden 70 Tiere durch den Tierarzt oder einen Tierbetreuer behandelt. Von diesen hatten 58 Tiere für den Zeitraum von zehn Tage vor der Erkrankung bis zehn Tage nach der Erkrankung vollständige Datensätze. 30 Tiere waren männlich, 28 waren weiblich. Die Werte der mittleren täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der erkrankten Tiere wurden im weiteren Verlauf mit der Eichkurve verglichen.

### 4.2.1 Prozentualer Abweichung der kranken Tiere über alle Erkrankung

Die Abweichung der täglichen Wasseraufnahme der kranken Kälber von der täglichen Wasseraufnahme der gesunden Kälber wurde in Prozent wiedergegeben. Abbildung 26 zeigt den Verlauf der mittleren Abweichung der Wasseraufnahme der kranken Tiere. Ein deutlicher Einfluss von Erkrankungen auf die Wasseraufnahme ist nicht festzustellen, weil die Kurve über die gesamte Zeit deutlichen Schwankungen unterliegt.



**Abbildung 26:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere ( $n=58$ ) im Verhältnis zu den gesunden Tieren ( $n=105$ ) über alle Erkrankungen

#### 4.2.2 Prozentuale Abweichung der kranken Tiere bei einzelnen Erkrankungen

Anschließend wurde überprüft, ob sich anhand der prozentualen Abweichungen je Krankheitsbild eine Tendenz für den Verlauf der Wasseraufnahme vor einer bestimmten Erkrankung ableiten lässt. Dafür wurden die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Krankheitskomplexe berechnet und in Tabelle 10 dargestellt. Am häufigsten wurden die Krankheiten der Atemwege und des Gastrointestinaltraktes beobachtet. Erkrankungen im Bereich des Nabels, der muskuloskelettalen Erkrankungen, oder der sonstige Erkrankungen sind etwa gleich stark vertreten. Das Schlusslicht bilden Mischerkrankungen aus Nabelentzündung und Atemwegserkrankungen. Die Zahl der Beobachtungen von Atemwegserkrankungen und GIT-Erkrankungen ist relativ hoch. Ihr Einfluss lässt sich gut interpretieren, bei den anderen Erkrankungen lassen sich Tendenzen feststellen. Das Tier, das an der Mischform von Atemweg- und Nabelerkrankung litt, ist nicht auswertbar.

**Tabelle 10:** Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Wasseraufnahme nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)

	männlich	weiblich	Gesamt
<b>Behandelte Tiere</b>	30	28	58
<b>Atmungstrakt</b>	16	17	33
<b>Gastrointestinaltrakt</b>	7	15	22
<b>Bewegungsapparat</b>	4	3	7
<b>Nabelentzündungen</b>	5	1	6
<b>Gemischte Form I (Nabel und Atemwege)</b>	0	2	2
<b>Gemischte Form II (Nabel und Sonstiges)</b>	1	0	1
<b>Sonstiges</b>	5	3	8

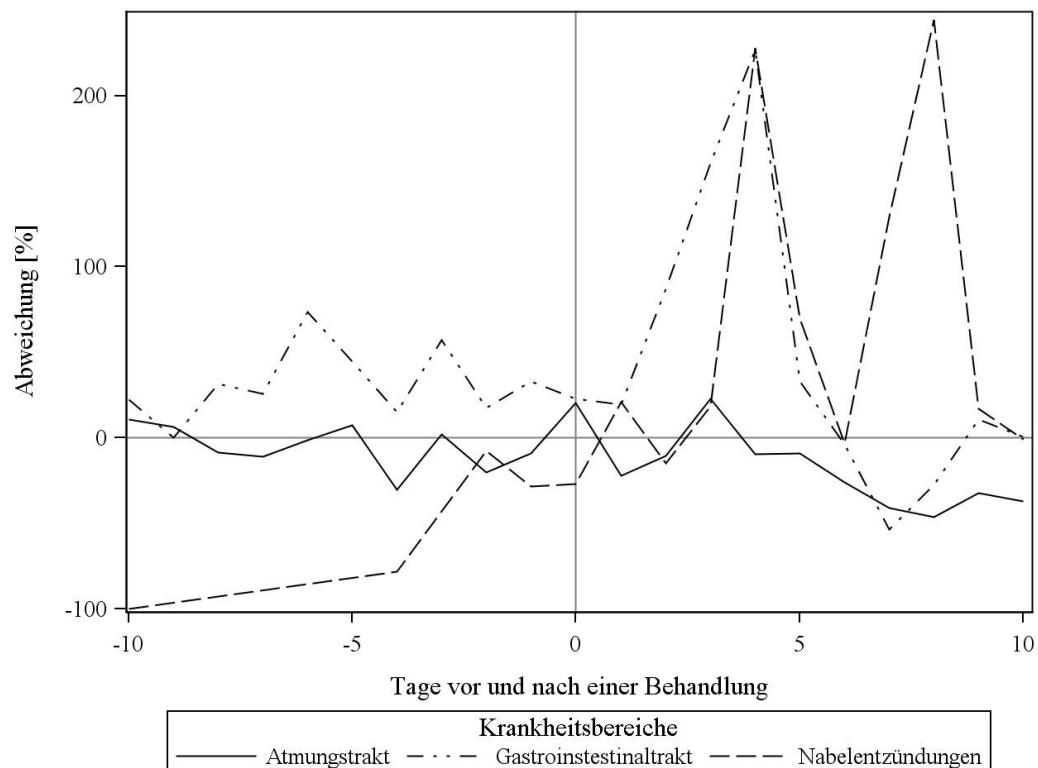
Im Anschluss wurden die prozentualen Abweichungen der kranken Tiere für jeden Krankheitskomplex berechnet und in Abb. 27 dargestellt.

Bei Erkrankungen im Bereich des Atmungstraktes kommt es vier Tage vor der Behandlung zu einem Einbruch von 20 % bis 25 % weniger Wasseraufnahme pro Tag. Im weiteren Verlauf erholt sich die Wasseraufnahme kurz und fällt zwei Tage vor der Behandlung auf etwa 10 % weniger Wasser ab. Am Behandlungstag steigt die Kurve auf einen Wert von etwa 10 % mehr aufgenommenen Wasser im Vergleich zu den gesunden Tieren. Im Anschluss pendelt sie wieder um einen Wert von  $\pm 10\%$  und fällt ab dem fünften Tag nach der Behandlung wieder ab.

Tiere, die an gastrointestinalen Krankheiten leiden, scheinen im Vorfeld mehr Wasser zu trinken als gesunde, die Wasseraufnahme pendelt zwischen 25 % und 75 % mehr Wasser. Einen Tag vor der Behandlung kann nur noch ein Teil der vorherigen Mengen getrunken werden, etwa 40 % mehr als bei gesunden Kälbern. Danach sinkt die Wasseraufnahme bis einen Tag nach Behandlung auf etwa 10 % mehr Wasser. Im folgenden steigt die Wasseraufnahme wieder sprunghaft an und pendelt sich ab dem achten Tag um die Werte von gesunden Kälbern ein.

Kälber mit Nabelentzündung beginnen etwa vier Tage vor der Behandlung deutlich mehr Wasser aufzunehmen als zuvor. Zwei Tage vor der Behandlung sinkt die Wasseraufnahme wieder ab. Die Behandlung führt zu einer deutlichen Zunahme der täglich aufgenommenen Wassermenge. Im Folgenden unterliegt die Kurve deutlichen Schwankungen, wobei die Interpretation der Kurve aufgrund der geringen Anzahl von Beobachtungen vorsichtig vorzunehmen ist.

Auch der Verlauf der mittleren prozentualen Abweichung der restlichen Erkrankungskomplexe ist aufgrund der zu geringen Beobachtungen nur bedingt interpretierbar und ist im Anhang 5 zu sehen.



**Abbildung 27:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Wasseraufnahme pro kg metetabolisches Körpergewicht der kranken Tiere ( $n=58$ ) in Abhängigkeit zu den gesunden Tiere ( $n=105$ ) nach Erkrankungen im Bereich Atmungsstrakt ( $n=33$ ), Gastrointestinaltrakt ( $n=22$ ) und Nabel ( $n=6$ )

### 4.3 Eignung der Wasseraufnahme zur Früherkennung

Der Verlauf in Abb. 19 zeigt nur am Tag 4 vor Behandlung einen deutlichen Rückgang der täglichen Wasseraufnahme an, an den anderen Tagen trinken die kranken Kälber eher mehr Wasser als die Gesunden. Mit Hilfe der Berechnung ROC-Kurve und der dazugehörigen AUC-Werte wurde für jeden Tag vor der Behandlung überprüft, ob sich die Wasseraufnahme pro Tag in den Tagen vor einer Erkrankung für die Unterscheidung von gesunden und kranken Tiere eignet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 dargestellt. Die Werte der AUC liegen immer knapp um den Wert von 0,5. Das weist darauf hin, dass durch Wasseraufnahme gesunde und kranke Tiere nicht unterschieden werden können.

Die p-Werte liegen für jeden Tag über dem Signifikanzniveau von 0,05. Das bedeutet, dass die Fläche unter der Kurve nicht signifikant größer als 0,5 ist und

es nicht möglich ist kranke Tiere anhand der Wasseraufnahme zu unterscheiden.

Somit eignet sich die Wasseraufnahme nicht für die Erkennung von kranken Tieren.

**Tabelle 11:** AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Wasseraufnahme über den Zeitraum von fünf Tagen vor der Behandlung bis zum Tag der Behandlung.

<b>Tage vor der Behandlung</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>Tag der Behandlung</b>
<b>AUC-Werte</b>	0,5823	0,5540	0,5145	0,5581	0,5646	0,4893
<b>p-Wert</b>	0,8055	0,2936	0,9435	0,3607	0,4225	0,4174



## **5. Tagesschrittzahl**

Die Schrittzahl wurde mittels ALT-Pedometer, die am Bein der Kälber angebracht waren, gemessen und in regelmäßigen Intervallen am Hauptrechner gespeichert. Danach wurde aus den einzelnen Schritten die jeweilige Tagessumme pro Tier berechnet. Als Auswertungszeitraum wurde der Zeitraum ab der Anbringung des Pedometers am Kälberbein, was bei manchen Tieren schon relativ bald nach der Geburt passierte, bis zu einem Alter von 90 Tagen definiert. Unvollständige oder leere Datensätze wurde gelöscht. Durch die Verluste von Pedometern im Kälberstall oder durch Fehler bei der Übertragung der Daten konnten nur 6241 Datensätze von 139 Tieren ausgewertet werden. 58 Tiere (41,73 %) waren männlich und lieferten 1803 Datensätze (28,89 %), 81 Tiere waren weiblich und lieferten 4438 Datensätze (71,11 %).

Im Versuchszeitraum standen 26 Pedometer für die Erfassung der Tagesschrittmengen zur Verfügung. Diese wurden an einem Bein der Kälber fixiert und die aufgezeichneten Daten in einer Datenbank gespeichert. Die Pedometer verblieben  $71 \text{ Tage} \pm 38,95 \text{ Tage}$  am Fuß der Kälber. Der kürzeste Zeitraum betrug 15 Tage.

### **5.1 Tagesschritte gesunder Kälber**

Als gesund wurden Tiere bezeichnet, die im Versuchszeitraum weder durch einen Tierarzt oder Tierbetreuer behandelt wurden noch bei der regelmäßigen Überprüfung Abweichungen in der Kotkonsistenz aufwiesen. Nach dieser engen Definition konnten nur die Daten von 54 Tieren für die Auswertung herangezogen werden, davon waren 22 Kälber männlich und 32 weiblich.

#### **5.1.1 Einfluss von Alter und Geschlecht auf die Schrittzahl**

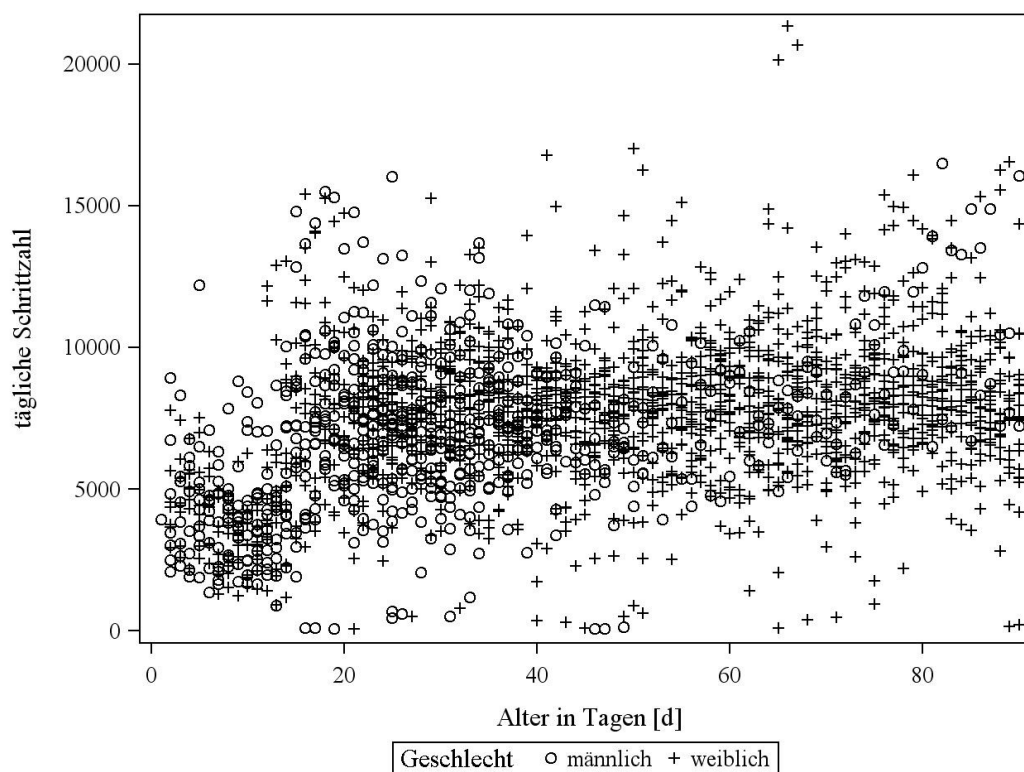
Zuerst wurde überprüft, ob das Alter und das Geschlecht einen Einfluss auf die Tagessumme der Schrittzahl haben, d.h. ob jüngere Kälber weniger laufen als ältere und ob weibliche Kälber mehr laufen als männliche Kälber. Dazu wurde die Punktelwolke der Tagesschrittzahl in Abhängigkeit vom Alter für beide Geschlechter berechnet (Abb. 28).

In den ersten Lebenstagen laufen die Kälber nicht so viel. Die einzelnen Tagesschrittwerte sammeln sich in einem Bereich zwischen 1000 und 5000

Schritte pro Tag. Der Kurvenverlauf ist ziemlich waagrecht, was darauf hinweist, dass das Alter in diesem Bereich keinen Einfluss auf die tägliche Schrittsumme nimmt. Die Punktwolken der männlichen und weiblichen Tiere liegen deckungsgleich übereinander, so dass in diesem Abschnitt kein geschlechtsspezifischer Unterschied festzustellen ist.

Nach der Einstellung der Tiere in die Kälberställe um Tag 15 steigt die Punktwolke auf ein höheres Niveau zwischen 5000 und 10000 Schritte pro Tag und bleibt in den folgenden Tagen in diesem Bereich mit waagrechttem Verlauf. Das spricht dafür, dass auch in dieser Phase die Tagesschrittzahl unabhängig vom Alter ist.

Die Punktwolken der männlichen und weiblichen Kälber liegen auch hier deckungsgleich übereinander, sodass die Tagesschrittzahl in diesem Abschnitt nicht vom Geschlecht abhängt.



**Abbildung 28:** Streudiagramm der täglichen Schrittzahl in Abhängigkeit vom Alter, getrennt nach Geschlecht (22 männliche Tiere, 32 weibliche Tiere)

### 5.1.2 Einfluss des Gewichtes auf die Tagesschrittzahl

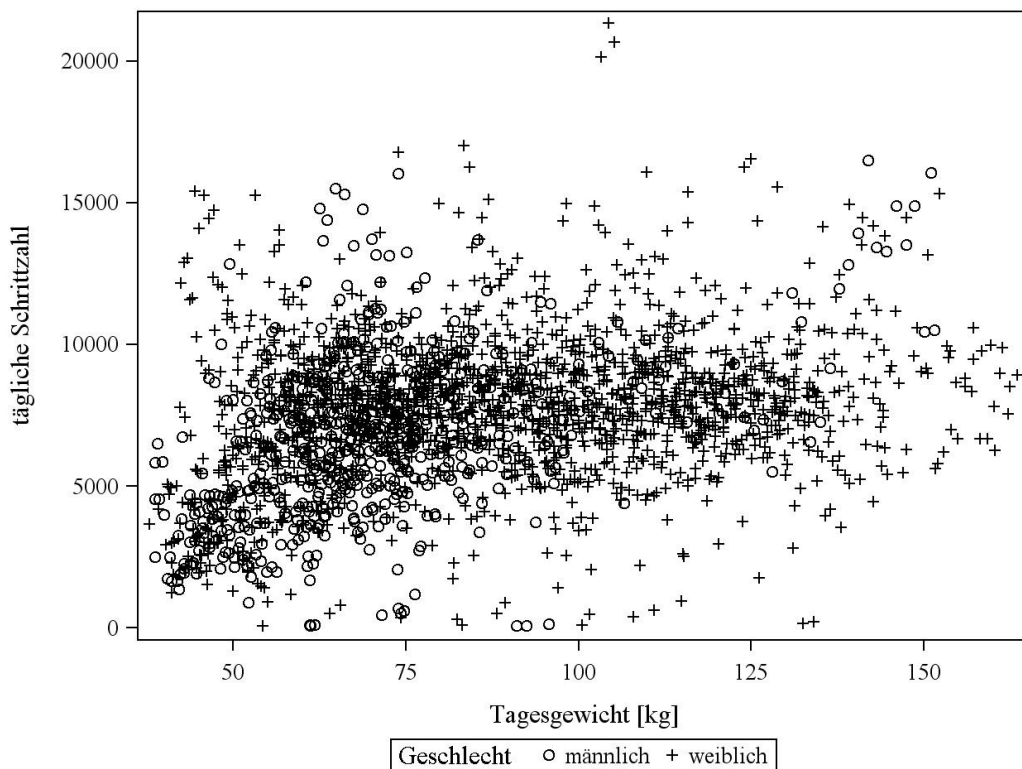
Als nächstes wurde überprüft, ob das Gewicht auf die Tagesschrittzahl Einfluss nimmt. Dazu wurde die Schrittzahl ins Verhältnis zum Tagesgewicht gesetzt und

für beiden Geschlechter errechnet.

Zum besseren Vergleich der beiden Punktwolken wurden sie in einem Streudiagramm dargestellt. (Abb. 29).

Bis zu einem Gewicht von 50 kg laufen die Tiere nicht sehr viel und die Punktwolke verbleibt in einem Bereich zwischen 1000 und 5000 Schritten pro Tag. Danach steigt sie auf ein höheres Niveau von 5000 bis 10000 Schritten pro Tag und verbleibt dort bis zu einem Gewicht von 125 kg, was dem Gewicht der meisten Tiere zum Ende des Auswertungszeitraumes entspricht.

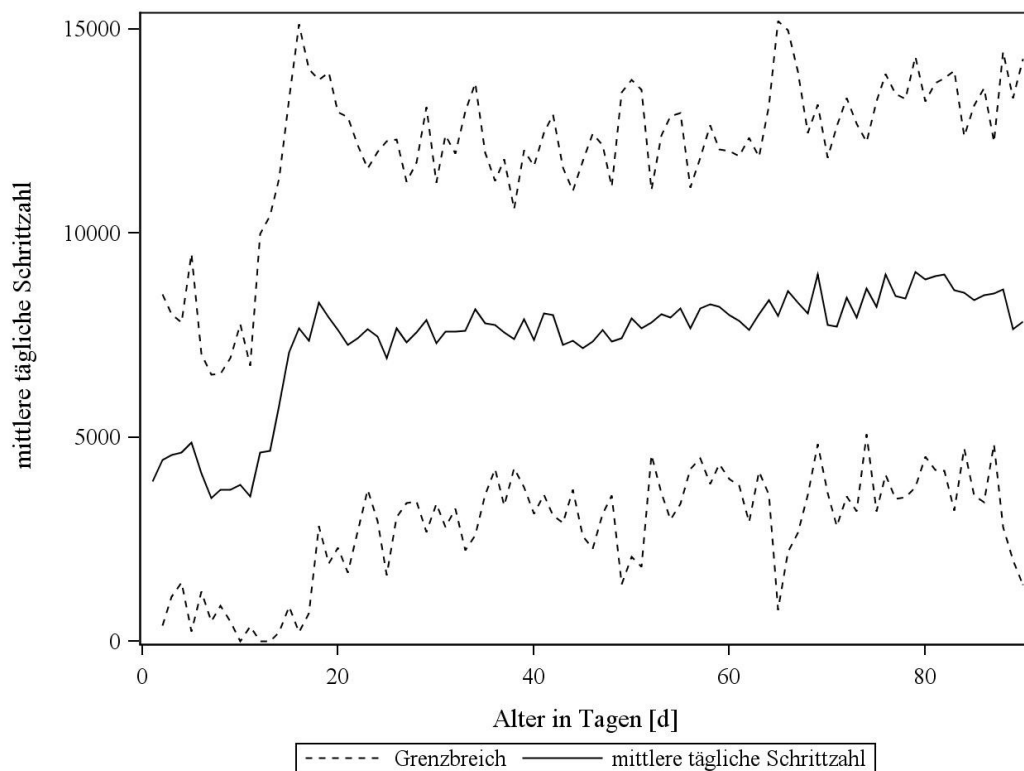
Auch hier kann ein Einfluss des Gewichtes ausgeschlossen werden, da die Punktwolke trotz steigendem Gewicht kontinuierlich waagrecht im Bereich zwischen 5000 und 10000 Schritte pro Tag verläuft. Ebenfalls lässt sich hier kein Einfluss des Geschlechts feststellen, da die Punktwolken der Geschlechter deckungsgleich sind.



**Abbildung 29:** Streudiagramm der täglichen Schrittzahl in Abhängigkeit vom Tagesgewicht, getrennt nach Geschlecht (22 männliche Tiere, 32 weibliche Tiere)

### 5.1.3 Erstellung der Eichkurve

Für die Eichkurve wurden die mittleren Tagesschrittzahlen von 54 gesunden Kälbern im Verhältnis zum Alter zu Grunde gelegt. Vor der Einstellung der Kälber in die Kälberställe pendelt die Kurve in Abb. 23 um einen Wert von 4500 Schritten pro Tag. Nach der Einstellung im Alter von etwa 15 Tagen verläuft die Kurve relativ konstant auf einem Wert von etwa 8000 Schritten pro Tag. Der Grenzbereich bleibt ziemlich konstant und schwankt um einen Wert von 12500 Schritten pro Tag als Obergrenze und 4000 Schritte pro Tag als Untergrenze. Der Grenzbereich ist außerdem sehr breit, was auf eine hohe Streuung der Werte durch tierindividuelle Verhaltensweisen hindeutet.



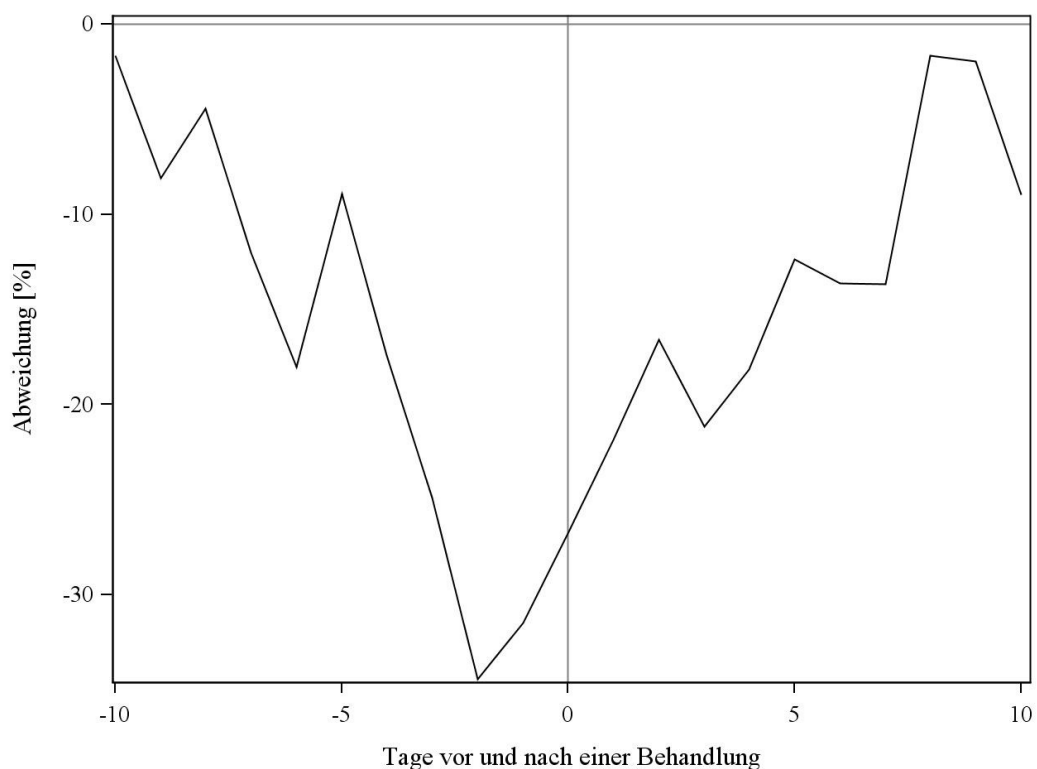
**Abbildung 30:** Verlauf der mittleren täglichen Schrittzahl in Abhängigkeit vom Alter ( $n=54$ )

## 5.2 Schrittzahl kranker Kälber

Von den 70 behandelten Tieren konnten nur die Daten von 28 Tieren (14 männliche Tieren und 14 weibliche Tieren) zur Auswertung verwendet werden. Für die kranken Tiere wurde auch die Tagessumme der Schritte berechnet und im weiteren Verlauf mit der Eichkurve der gesunden Tiere verglichen.

### 5.2.1 Prozentualer Abweichung der kranken Tiere über alle Erkrankung

Bei der Analyse der Abweichung der Tagesschritte der kranken Tiere über alle Erkrankungen im Verhältnis zu den gesunden Tieren zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Erkrankung auf die Tagesschrittzahl. Wie aus Abb. 31 ersichtlich, so beginnt etwa eine Woche vor der Behandlung die Tagesschrittzahl auf Werte unter  $-15\%$  abzusinken. Nach einer kurzen Erholungsphase fünf Tage vor Behandlung stürzt die Kurve bis zwei Tage vor Behandlung auf etwa  $-35\%$  ab. Danach steigt die Kurve wieder an und erreicht am Behandlungstag einen Wert von etwa  $-25\%$ . Die Behandlung der Tiere scheint keinen Einfluss auf die Zunahme der Tagesschrittzahl zu haben, da der Verlauf der Kurve zwischen einem Tag vor der Behandlung und zwei Tagen nach der Behandlung konstant ist. Nach einer Erkrankung dauert es etwa acht Tage bis die Kurve wieder in die Nähe der Tagesschrittzahl der gesunden Tiere gelangt.



**Abbildung 31:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Schrittzahl der erkrankten Tiere ( $n=28$ ) im Verhältnis zu den gesunden Tieren ( $n=54$ ) über alle Erkrankungen

### 5.2.2 Prozentuale Abweichung kranker Tiere bei einzelnen Erkrankungen

Im Anschluss wurde überprüft, wie sich der Einfluss der einzelnen Erkrankungen auf die prozentuale Abweichung der kranken Kälber auswirkt. Um den Aussagewert der berechneten Abweichungen abschätzen zu können, wurden zuerst die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Erkrankungen pro Geschlecht berechnet (Tab. 12).

**Tabelle 12:** Häufigkeiten der einzelnen Erkrankungen im Rahmen der täglichen Schrittzahl nach Geschlecht (inkl. Mehrfacherkrankungen)

	männlich	weiblich	Gesamt
<b>Behandelte Tiere</b>	14	14	28
<b>Atmungsstrakt</b>	7	8	15
<b>Gastrointestinaltrakt</b>	5	7	12
<b>Bewegungsapparat</b>	0	2	2
<b>Nabelentzündungen</b>	1	0	1
<b>Gemischte Form I (Nabel und Atemwege)</b>	0	0	0
<b>Gemischt Form II (Nabel und sonstiges)</b>	0	0	0
<b>Sonstiges</b>	3	1	4

Erkrankungen im Bereich der Atemwege traten am häufigsten auf, gefolgt von den gastrointestinalen Erkrankungen. Nabelentzündungen, Erkrankungen des Bewegungsapparates und sonstige Erkrankungen kamen nur noch vereinzelt vor.

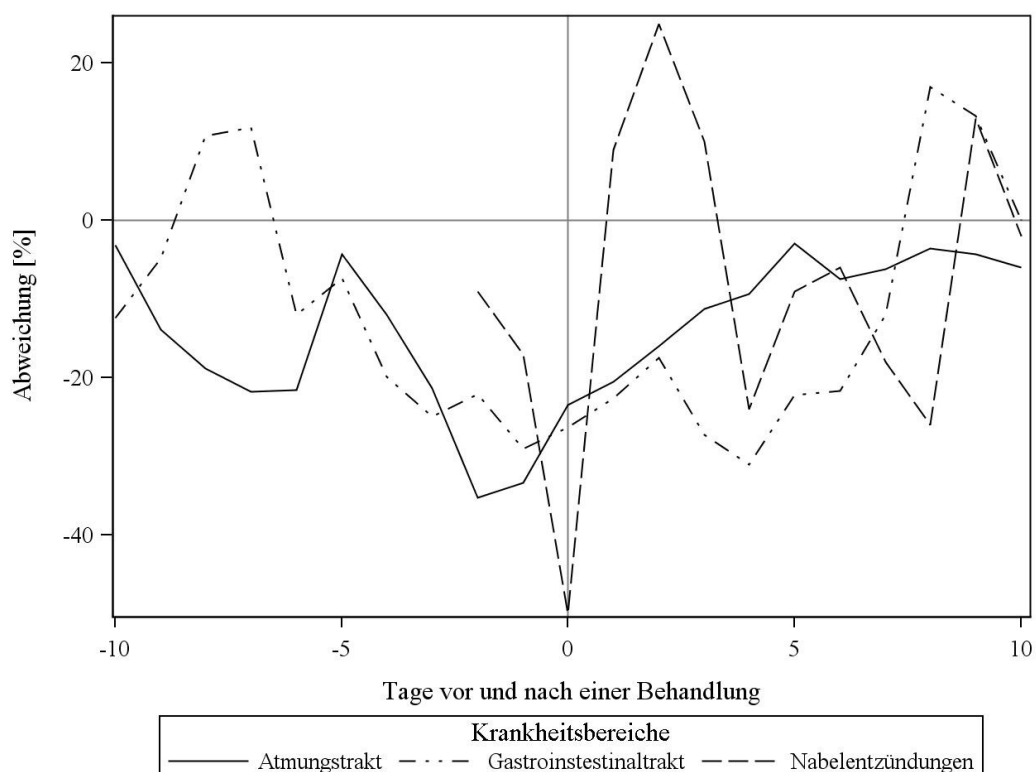
In Abb. 32 ist der Verlauf der Abweichung der Tagesschrittzahl der erkrankten Kälber von der mittleren Tagesschrittzahl gesunder Kälber zu sehen. Deutlich erkennbar ist bei den an Atemwegserkrankung leidenden Tieren das Absinken der Tagesschritte auf etwa – 35 % im Verhältnis zu den gesunden Tieren zwei Tage vor der Behandlung. Am Behandlungstag laufen die kranken Tiere immer noch etwa 25 % weniger als die gesunden. Danach nähert sich die Kurve bis zum fünften Tag nach der Behandlung dem Mittelwert der Tagesschrittzahl gesunder Tiere an und pendelt im weiteren Verlauf im Bereich um  $\pm 15\%$  um die mittlere Tagesschrittzahl gesunder Tiere.

Auch bei den gastrointestinalen Erkrankungen erfolgt ab dem fünften Tag vor einer Erkrankung ein Abfall der Tagesschrittzahl auf - 25 % drei Tage vor der Erkrankung und bis einen Tag vor der Erkrankung sogar auf - 30 %. Die Therapie bringt kaum Veränderungen. Zwei Tage nach der Behandlung sackt die Kurve

nochmals auf – 30 % ab. Danach erholt sich die Kurve bis zum sechsten Tage und ab dem siebten Tag nach einer Behandlung pendelt sie sich in einem Bereich von  $\pm 15$  % um die mittlere Tagesschrittzahl von gesunden Kälbern ein.

Das eine Tier, das an einer Nabelentzündung litt, lief bis einen Tag vor der Behandlung nur etwa 20 % weniger als die gesunden Kälber. Zum Behandlungstag hin stürzte die Kurve auf 40 % weniger Tagesschritte im Vergleich zu den gesunden Tieren ab. Dieser Verlauf stellt aber nur den Verlauf der Tagesschrittzahl eines einzelnen Tieres dar und ist damit nicht repräsentativ für diesen Krankheitskomplex.

Aufgrund der geringen Beobachtungen wurden auf eine Interpretation der Ergebnisse der weiteren Erkrankungskomplexe verzichtet und die entsprechenden Verläufe im Anhang 6 dargestellt.



**Abbildung 32:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Schrittzahl der kranken Tiere ( $n=67$ ) im Verhältnis zu den gesunden Tieren ( $n=54$ ) über die Erkrankungen im Bereich Atmungstrakt ( $n=15$ ), Gastrointestinaltrakt ( $n=12$ ) und Nabel ( $n=1$ )

### 5.3 Eignung der Schrittzahl zur Früherkennung

Der Verlauf der Abweichung der Tagesschrittzahl der kranken Kälber von der Tagesschrittzahl gesunder Kälber in Abb. 31 zeigt ab dem fünften Tag vor der Behandlung einen deutlichen Abfall der Tagesschrittzahl von etwa - 10 % auf - 30 % am Behandlungstag. Mittels der ROC-Kurve und der dazugehörigen AUC-Werte wurde für jeden Tag in diesem Zeitraum überprüft wie gut sich anhand der Tagesschrittzahl kranke Kälber von gesunden unterscheiden lassen. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 12 dargestellt.

Schon vier Tage vor der Behandlung zeigt sich ein deutlicher Einfluss von Erkrankungen auf die Schrittzahl, der in den weiteren Tagen noch zunimmt und sein Maximum einen Tag vor der Erkrankung erreicht.

Die p-Werte liegen im Zeitraum von vier Tagen vor Behandlung bis zum Tag der Behandlung deutlich unter dem Signifikanzniveau von 0,05 sind damit signifikant. Das Merkmal Tagesschrittzahl besitzt einen hohen Nutzen bei der Unterscheidung von gesunden und kranken Tieren.

Somit eignet sich die Schrittzahl sehr gut um erkrankte Tiere frühzeitig zu erkennen.

**Tabelle 13:** AUC-Werte und asymptotische Signifikanz (p-Wert) für die tägliche Schrittzahl über den Zeitraum von fünf Tagen vor der Behandlung bis zum Behandlungstag

Tage vor der Behandlung	5	4	3	2	1	Tag der Behandlung
AUC-Werte	0,6438	0,7141	0,7890	0,8094	0,8441	0,8099
p-Wert	0,1650	0,0061	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001



## 6. Erstellung eines Alarmsystems

Nach der Überprüfung der erfassten Verhaltensparameter und deren Empfindlichkeit stellte sich heraus, dass die Tränkeaufnahme und die Schrittzahl pro Tag durch eine Erkrankung nachweislich beeinflusst werden und sich somit als Faktoren für ein Vorhersagemodell eignen könnten.

Im weiteren Verlauf wurde versucht, ein geeignetes Alarmsystem zur Vorhersage von Erkrankungen zu erstellen. Das System sollte einen Alarm auslösen, wenn ein Tier vom Status „gesund“ in den Status „krankheitsverdächtig“ abzurutschen drohte oder wenn ein Tier ein derartig stark reduziertes Verhalten zeigte, dass von einer massiven Beeinträchtigung ausgegangen werden konnte. Dazu mussten zum einen Grenzwerte für die einzelnen Verhaltensparameter gefunden werden, die einen Umschwung von gesund auf verdächtig und auf definitiv krank markieren, zum anderen mussten geeignete Zeiträume definiert werden, in deren Verlauf es zur deutlichen Veränderung der Verhaltensparameter kam. Im Anschluss wurden die einzelnen Grenzwerte und Zeiträume unterschiedlich kombiniert und mit Hilfe der vorhandenen Daten überprüft, wie viele der bereits bekannten kranken Tiere durch das System als krank erkannt wurden.

### 6.1 Definition geeigneter Grenzwerte

Als Grundstein für ein Alarmsystem wurde nach zwei geeigneten Schwellenwerten für jeden der beiden Verhaltensparameter gesucht, anhand derer das Kalb als krankverdächtig oder als definitiv krank beurteilt werden konnte. Der erste Schwellenwert (im folgenden Grenzwert genannt), bei dem der Status des Kalbes von gesund auf krankverdächtig umschlug, wurde nach Berechnung der ROC-Kurve unter der Berücksichtigung des Youden-Index bestimmt. Konnte nur aufgrund des Youden-Index kein eindeutiger Grenzwert gefunden werden, wurde mit Hilfe des Satzes nach Pythagoras der genaue Wert bestimmt. Für die Tagsschrittzahl wurde ein Wert von 5864 Schritten, für die Tagesmilchmenge ein Wert von 6,5 l Milch ermittelt.

Der zweite Schwellenwert (im Folgenden Alarmwert genannt) sollte so klein sein, dass bei seiner Unterschreitung nur die Tiere mit einer starken Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens erkannt werden und als behandlungswürdig markiert wurden. Da in der Literatur keine Werte gefunden wurden, wurden für seine

Bestimmung Überlegungen aus der tägliche Tränkepraxis zu Grunde gelegt.

In Betrieben mit weniger als 150 Milchkühen werden Kälber zumeist mittels Eimertränke durch die betreuenden Personen gefüttert. Als Faustformel gilt in den meisten Betrieben, dass die Kälber mindestens 10 % ihrer Körpermasse in 1 l Milch als Tagesmenge trinken sollen, weil der Flüssigkeitsbedarf eines Kalbes nach KLINDWORTH et al. (2005) bei 10 % des Körpergewichtes liegt. Ein 60 kg schweres Kalb sollte mindestens 6 l Milch am Tag erhalten. Die tägliche Tränkemenge wird auf zwei oder mehr Mahlzeiten pro Tag aufgeteilt und die jeweilige Ration in Tränkeimern an die Kälberställe gehängt. Nach etwa einer viertel Stunde werden die Eimer wieder eingesammelt. Dabei wird die verzehrte Menge kontrolliert. Bei einem Rest von 50 % oder mehr der zugeteilten Tränkeration wird das Kalb genauer untersucht und Gegenmaßnahmen eingeleitet. Deshalb wurde in dieser Arbeit der Alarmwert, auf 3 l pro Tag festgesetzt. Im Versuch lagen 1,89 % der Daten unterhalb dieser Grenze.

Bei der Schrittzahl konnte keine direkte Ableitung aus der Praxis für einen Alarmwert gefunden werden. Deswegen wurden die Anzahl, der Mittelwert und Median der Tagesschrittmenge in Abhängigkeit vom Behandlungstag sowohl für die Über- bzw. Unterschreitung des errechneten Grenzwertes von 5864 Schritten pro Tag, als auch für den gesamten Datensatz ohne Grenzwert berechnet. Bei insgesamt 20 Tieren waren am Behandlungstag Daten vorhanden. Diese Tiere legten am Behandlungstag im Mittel 5247,4 Schritte pro Tag zurück. Im Weiteren wurden mit Hilfe von Kreuztabellen überprüft, bei welchem Wert alle 20 Tiere noch vollständig richtig als verdächtig erkannt wurden und damit nicht mit einem falschen Code belegt wurden. Dieses war bei einer Tagesschrittzahl von 2000 Schritten der Fall. Etwa 1,77 % der Daten liegen unterhalb dieses Wertes.

## **6.2 Testzeitraum**

Die Sensibilitätsprüfungen der Tränkeaufnahme ergaben, dass nur der Tag vor der Behandlung und der Behandlungstag einem starken Einfluss von Erkrankungen unterlagen und weitere Tage nur schwach beeinflusst wurden. Aus diesem Grund wurde für die Tränke der Testzeitraum auf maximale zwei Tage festgelegt.

Bei der Schrittzahl ergab die Sensibilitätsprüfung, dass hier die letzten zwei Tage vor der Behandlung und der Behandlungstag sehr stark von den Erkrankungen

beeinflusst wurden. Deshalb wurde der Testzeitraum auf maximal drei Tage festgelegt.

### 6.3 Alarmsysteme

Um eine geeignete Kombination der Testzeiträume für Schrittzahl und Tränkemenge pro Tag herauszufinden, wurden folgende Testsysteme definiert und die entsprechenden Statistiken anhand von Kreuztabellen berechnet.

Alarmsystem 1: Vergleich des jeweiligen Grenzwertes mit der Tagesschrittzahl über zwei Tage und mit der Tagesmilchmenge über einen Tag

Alarmsystem 2: Vergleich des jeweiligen Grenzwertes mit der Tagesschrittzahl über drei Tage und mit der Tagesmilchmenge über einen Tag

Alarmsystem 3: Vergleich des jeweiligen Grenzwertes mit der Tagesschrittzahl über zwei Tage und mit der Tagesmilchmenge über zwei Tage

Alarmsystem 4: Vergleich des jeweiligen Grenzwertes mit der Tagesschrittzahl über drei Tage und mit der Tagesmilchmenge über zwei Tage

Durch den Vergleich des jeweiligen Grenzwertes mit der Tagesschrittzahl und der Milchmenge pro Tag wurde überprüft, ob sich der Tageswert in einem Bereich oberhalb oder unterhalb des Grenzwertes befand. Diese täglichen Platzierungen wurden je nach Länge des jeweiligen Testzeitraumes im Zusammenhang bewertet und zur besseren Übersicht codiert, wobei die vergebenen Codes in keinem hierarchischen Verhältnis zueinander standen. Dabei wurde festgesetzt, dass Tiere nur als gesund gelten, wenn sie im gesamten Testzeitraum sowohl für die Tränkeaufnahme als auch für die Schrittmenge immer Werte über dem Grenzwert hatten. Kranke Tiere mussten im gesamten Testzeitraum sowohl für die Tränkeaufnahme als auch für die Schrittzahl immer unterhalb des Grenzwertes liegen. Bei wechselnden Platzierungen der Tageswerte oberhalb oder unterhalb des Grenzwertes wurden die Tiere als krankheitsverdächtig eingestuft, je nachdem ob diese wechselnden Platzierungen in der Schrittzahl, in der Milchaufnahme oder in beiden Bereichen auftraten. Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die

verwendeten Codes und deren Definition.

**Tabelle 14:** *Verwendete Codes zur Einteilung der täglichen Platzierungen der Schrittzahl und Milchaufnahme oberhalb oder unterhalb des jeweiligen Grenzwertes*

Alarm-code	Status des Tieres	Definition
1	gesund	Alle Werte bleiben im Testzeitraum über den Grenzwerten für Tagestränkmenge und Tagesschrittzahl
2	krankheitsverdächtig (nur Tagesschrittzahl)	Werte der Tagesschrittzahlen schwanken um den Grenzwert für die Tagesschrittzahl
3	krankheitsverdächtig (Tagesschrittzahl und Tagestränkmenge)	Werte für Tagesschrittzahl und Tagestränkmenge schwanken um die Grenzwerte für Tagesschrittzahl und Tagestränkmenge
4	krankheitsverdächtig (nur Tagestränkmenge)	Werte der Tagestränkmenge schwanken um den Grenzwert für die Tagestränkmenge
5	krank	Alle Werte befinden sich im Testzeitraum unterhalb der Grenzwerte für die Tagestränkmenge und die Tagesschrittzahl

Eine Auflistung der einzelnen Kombinationsmöglichkeiten für die Platzierung der Tageswerte oberhalb oder unterhalb des Grenzwertes von Tagestränkmenge und Tagesschrittzahl und die dazugehörigen Codes für die jeweiligen Testzeiträume sind im Anhang 7ff. dargestellt. Die dabei genutzte Darstellung mit Pfeilen symbolisiert eine Platzierung oberhalb des Grenzwertes (↑) und unterhalb des Grenzwertes (↓).

#### 6.4 Verteilung der Alarmcodes bei den einzelnen Alarmsystemen

Die Datengrundlage für die Überprüfung der Genauigkeit der Alarmsysteme stellen die gleichen Datensätze, die auch für die Auswertung der einzelnen Verhaltensparameter genutzt wurden. Anhand von Kreuztabellen wurde überprüft wie sicher die Alarmsysteme die bekannten Tiere erkennen und mit Alarmcodes belegen. Es gingen 3923 Datensätze in die Auswertung ein.

Zuerst wurde überprüft wie häufig die einzelnen Alarmgruppen in der Zeit vor dem Behandlungstag bei den kranken Tieren auftreten. Die entsprechenden Tabellen sind in Anhang 11ff dargestellt. Dabei geht die Anzahl der über die Alarmcodes erkannten Tiere immer weiter zurück, je größer der Abstand zum Behandlungstag wird. Außerdem nimmt auch die Zahl der richtig als krank (= Codenummer 5) erkannten Tiere immer weiter ab. Die meisten Ergebnisse liefert der Behandlungstag mit 20 Tiere, die durch das Testsystem auffällig waren,

von denen je nach Testsystem acht bis zehn Tiere richtig als krank erkannt wurden. An zweiter Stelle folgte der Tag vor der Behandlung mit 17 erkannten Tieren, von denen max. 5 Tiere richtig als krank herausgefunden wurden. Da ein Frühwarnsystem kranke Tiere möglichst bald vor einem Krankheitsausbruch und der folgenden Behandlung erkennen soll, wurde im weiteren Verlauf der Tag vor der Behandlung als Bezugspunkt für weiter Auswertungen gewählt.

Aufgrund der geringen Fallzahlen für jeden einzelnen Alarmcode wurden mehrere Alarmgruppen in einer Gruppe zusammengefasst und neu codiert. Die Alarmgruppen 1,2 und 4, das ist die Gruppe der völlig gesunden Tiere (Alarmcode 1), der auffälligen Tiere aufgrund der Tagesschrittzahl (Alarmcode 2) und der auffälligen Tiere aufgrund der Tagestränkemenge (Alarmcode 4), wurden alle in die Gruppe der gesunden Tiere überführt, da unterstellt wurde, dass bei einer Erkrankung nicht nur ein Merkmal verändert ist. Die Tiere der Alarmgruppen 3, das sind die Tiere, die sowohl in der Tagestränkemenge als auch in der Tagesschrittzahl auffällig waren, und die Tiere der Alarmgruppe 5, das sind die Tiere, die als definitiv krank erkannt wurden, wurden in der Gruppe der kranken Tiere zusammengefasst.

### **6.5 Überprüfung der Genauigkeit der Alarmsysteme**

Im Weiteren wurde die Genauigkeit der Alarmsysteme über die Auswertung der Falsch-Positiven und der Falsch-Negativen Beobachtungen überprüft. Zur weiteren Beurteilung wurde noch der Positive Predictive Value (PPV) berechnet, der die Wahrscheinlichkeit angibt, wie viele der als krank erkannten Tiere auch wirklich erkrankt sind. Ein Test gilt als gut, wenn die Zahlen der Falsch-Positiven und der Falsch-Negativen Beobachtungen möglichst klein sind, der PPV aber relativ hoch ist.

Tabelle 15 zeigt die Häufigkeit der Falsch-Positiven und Falsch-Negativen Werte bei den einzelnen Alarmsystemen.

**Tabelle 15:** Falsch-Positive (FP) und falsch-negative (FN) Beobachtungen der kranken und gesunden Kälber bei einem Grenzwert von 5864 Schritten und 6,5 l Milch mit ihrem positive predictive value (PPV)

	<b>FP</b> N / $\Sigma$ gesunde (%)	<b>FN</b> N / $\Sigma$ kranke (%)	<b>PPV</b>
<b>Alarmsystem 1</b>	309/3753 (8,2 %)	7/17 (41,2 %)	3,13%
<b>Alarmsystem 2</b>	433/3753 (11,5 %)	7/17 (41,2 %)	2,26%
<b>Alarmsystem 3</b>	593/3753 (15,8 %)	3/17 (17,6 %)	2,31%
<b>Alarmsystem 4</b>	544/3753 (14,5 %)	5/17 (29,4 %)	2,16%

Das Alarmsystem 1 lieferte mit 8,2 % das beste Ergebnis beim Anteil der falschpositiven Werte. Mit diesem Testverfahren werden die wenigsten Kälber fälschlicherweise als krank erkannt. Auch der PPV dieses Testsystems ist im Vergleich zu den anderen der höchste, d.h. dass mit diesem Test die meisten kranken Tiere erkannt werden. Dafür werden mit diesem Test mit 7 von 17 Kälbern nicht als krank erkannt, obwohl sie in Wirklichkeit erkrankt sind. Das stellt auch die höchste Falsch-Negativ-Rate der 4 Testsysteme dar.

Die Ausweitung des Testzeitraumes bei der Überprüfung der Tagesschrittzahl im Alarmsystem 2 führt zu einer Verschlechterung des Ergebnisses. Die Falschpositivrate steigt auf 11,5 %, d.h. es werden mehr Tiere als krank erkannt, obwohl sie eigentlich gesund sind. Auch der PPV sinkt ab, was eine schlechtere Trefferquote zur Folge hat. Die Falschnegativrate bleibt zwar auf dem gleichen Niveau wie im Alarmsystem 1, ist aber noch deutlich zu hoch.

Alarmsystem 3 ist von den vier Testsystemen das sicherste. Nur 3 von 17 kranken Kälbern werden nicht als krank erkannt. Allerdings ist die Falsch-Positiv Rate mit 15,8 % die schlechteste der vier Testsysteme. Der PPV ist mit 2,31 etwas höher als bei Alarmsystem 2, liegt aber deutlich unter dem PPV von Alarmsystem 1.

Alarmsystem 4 bringt keinen weiteren Vorteil mit sich. Zwar ist die Falsch-Positiv-Rate etwas besser als beim Alarmsystem 3, dafür ist aber die Falschnegativ-Rate deutlich schlechter als bei den Alarmsystemen 3 und 2. Der PPV ist der schlechteste der vier Testsysteme.

## 6.6 Einfluss des Grenzwertes auf die Genauigkeit der Alarmsysteme

Aufgrund der geringen PPV-Werte wurde überprüft, ob eine Herabsetzung und damit einer Verschärfung der Grenzwerte eine höhere Erkennungsrate und höhere PPV Werte erzeugen kann. Dazu wurden der Grenzwert für die Tagesschrittzahl

auf 5000 Schritte pro Tag und für die Tagestränkemenge auf 6 l pro Tag gesenkt.

Die in Tabelle 16 aufgeführten Werte zeigen deutlich, dass eine Verschärfung der Grenzwerte zu deutlichen Verschiebungen der Werte innerhalb der einzelnen Alarmsysteme führt. Die falsch-positiven Werte sinken zwar deutlich bis auf den Wert von 3,7 % für das Alarmsystem 1 ab, d.h. es werden deutlich mehr Tiere als korrekt gesund erkannt, dafür steigen aber auch die Falsch-negativen Beobachtungen deutlich auf Werte über 50 % an. Dadurch wird jedes zweite Tier irrtümlicherweise als gesund deklariert werden, obwohl es eigentlich krank ist. Beim Positiv Predictive Value führte die Verschärfung der Grenzwerte zu einer Verbesserung der Werte. Dadurch können durch die Testsysteme deutlich mehr Tiere als krank erkannt werden. Den Größten Sprung gab es beim Alarmsystem 1 von 3,13 % auf 4,14 %, den kleinsten Sprung beim Alarmsystem 3 von 2,31 % auf 2,52 %.

**Tabelle 16:** Falsch-Positive (FP) und falsch-negative(FN) Beobachtungen der kranken und gesunden Kälber bei einem Grenzwert von 5000 Schritten und 6,0 l Milch mit ihrem positive predictive value (PPV)

	<b>FP</b> N / $\Sigma$ gesunde (%)	<b>FN</b> N / $\Sigma$ kranke (%)	<b>PPV</b>
<b>Alarmsystem 1</b>	138/3753 (3,7%)	11/17 (67,6 %)	4,17%
<b>Alarmsystem 2</b>	222/3753 (5,9 %)	10/17 (58,8 %)	3,06%
<b>Alarmsystem 3</b>	310/3753 (8,3 %)	9/17 (52,9 %)	2,52%
<b>Alarmsystem 4</b>	300/3753 (8 %)	9/17 (52,9 %)	2,60%

### 6.7 Empfehlung eines Alarmsystems für die Praxis

Der Einsatz des Alarmsystems in der Praxis soll den Landwirt beim rechtzeitigen Erkennen von kranken Tieren unterstützen. Dazu muss es eine möglichst hohe Trefferquote besitzen, d.h. es soll möglichst viele Tiere herausfinden, die sehr wahrscheinlich erkranken werden, damit der Landwirt Gegenmaßnahmen ergreifen kann. Auf der anderen Seite soll das Alarmsystem eine möglichst geringe Fehlerquote besitzen, d.h. es soll möglichst wenig Tiere melden, die dann gar nicht erkranken, damit der Landwirt nicht zu viele Tiere kontrollieren muss.

Unter Berücksichtigung dieser Forderung ist das Alarmsystem 3 mit einem täglichen Grenzwert-Vergleich über einen Zeitraum von zwei Tagen für die Tagesschrittzahl und die Tagesmilchmenge das am besten geeignete Alarmsystem, wenn für die Tagesschrittmenge ein Grenzwert von 5864 und für die

Tagestränkemenge ein Grenzwert von 6,5 Liter Milch eingestellt ist.



## V Diskussion

### 1. Qualität der Daten

Die von dem Automaten und von den Datenloggern der Pedometer erhobenen Daten wurden zu Tagessätzen zusammengefasst. Bei der Errechnung des mittleren Tageswertes aus den einzelnen Besuchssätzen wurden nur die verwendet, die einen Wert besaßen. Somit konnten kurze Störungen oder Ausfälle der Technik abgefangen werden. Je mehr Daten erhoben wurden, desto besser kann mit dem Mittelwert das Verhalten der Gruppe dargestellt werden. Allerdings reduziert die Berechnung des Mittelwertes auch die Aussagekraft der Urdaten. Tierindividuelle tageszeitliche Verhaltensmuster verschwinden und klimatische Einflüsse werden mit verminderter Intensität wiedergegeben.

97 % der Tagesdatensätze enthielten Daten zur täglichen Tränkeaufnahme. Dieser hohe Wert spricht dafür, dass die Einheit aus Tränkestand, Antenne und Rechner gut funktionierte und die Kälber die zugeteilte Tränkemenge aufnehmen konnten. Mit diesen Daten können verlässliche Auswertungen gemacht werden.

Die Daten der täglich aufgenommenen Wassermenge wurden nur bei 72 % der Tagesdatensätze gespeichert. Der Verlust der Daten kommt aufgrund von technischen Problemen zustande, sei es, dass die Tiere nicht lange genug tranken oder die getrunzene Menge zu klein war um einen Datensatz zu erzeugen oder dass die Technik einfach auch ausfiel. Zusätzlich könnte auch das Verdrängen der trinkenden Kälber durch andere Kälber zu einem Abbruch der Wasseraufnahme und damit zu einer Löschung des Datensatzes geführt haben. Da der Wassertrog nicht wie der Tränkenuckel mit einem Metallstand abgetrennt war, ist auch denkbar, dass bei einer gleichzeitigen Belegung des Troges durch zwei Kälber der Automat den erzeugten Datensatz nicht eindeutig zuordnen konnte und verworfen hat.

Der Anteil der gespeicherten Daten für die Kraftfutteraufnahme und Schrittzahl pro Tag ist mit knapp um die 50 % nicht sehr überzeugend. Die Gründe der niedrigen Datenmenge bei der Kraftfutteraufnahme entsprechen den Gründe bei der Wasseraufnahme.

Die geringe Anzahl der gespeicherten Schrittzahlen pro Tag hängt mit der Anzahl

der Pedometer und der Verweildauer pro Kalb zusammen. Im Versuch standen 26 Pedometer für die Auswertung zur Verfügung. In der Regel verblieb ein Pedometer im Mittel 71 Tage am vorderen Bein eines Kalbes bevor er wieder an das nächste Kälberbein angebracht wurde. Die große Streuung der Verweildauer ist zum einen das Ergebnis des Verkaufes der männlichen Kälber ab einem Gewicht von 75 kg Lebendgewicht, zum anderen können auch Pedometerverluste aufgrund einer unzureichenden Befestigung am Fuß oder technische Ausfälle die Ursache für eine schlechtere Datenerfassung sein. Wurden durch Verlust oder durch Abnahme des Pedometers vom Bein eines Tieres, das die Kälberställe verließ, freigewordene Pedometer nicht sofort an das Bein eines neuen Tieres angebracht, dann konnte die Aktivität nicht über die gesamte Stallperiode gemessen werden. Dadurch entstanden Lücken in der gesamten Datenmenge der einzelnen Tiere. Auch Störungen bei der Übertragung der Loggerdaten auf den Rechner mittels Funknetz trugen zu fehlenden Datensätzen bei.

Nach BONK et al. (2013) hat die Platzierung der Pedometer einen Einfluss auf die Datenqualität. In ihren Untersuchungen konnten sie zeigen, dass die Anbringung der Pedometer an einem der beiden Hinterbeine qualitativ bessere Ergebnisse mit sich führte als die Anbringung an den Vorderbeinen. Da im Forschungsprojekt aber die Pedometer an einem Vorderbein der Kälber angebracht wurden, sind auch Datenverluste aufgrund der ungeeigneten Anbringung möglich.

### **1.1 Management**

Die Kälber wurden nach der Igluphase gruppenweise in die Kälberställe eingestallt. Die Umstallung erfolgte einmal in der Woche. Alle Kälber, die in etwa 14 Tage alt waren, wurden aus den Iglus in die Kälberställe gebracht. Je nach Geburtstag des Tieres konnte es sein, dass das Tier älter oder jünger war. Kälber im Alter von etwa einer Woche wurden aus Platzmangel so früh in die Kälberställe verbracht. Sobald sie am Automaten gemeldet waren, wurden sie automatisch nach Tränkeplan getränkt. Dadurch entstand eine Grundstreuung der Tiere, die sich auch in den Daten zeigt. Tiere, die jünger waren, wurden auch früher abgetränkt als Kälber, die später eingestallt wurden, d.h. Kälber gleichen Alters bekamen unterschiedliche Mengen an Tränke und Kraftfutter zugeteilt, was eine genaue Vergleichbarkeit erschwerte.

Der Verkauf von männlichen Tieren zur Weitermast ab einem Gewicht von 75 kg

Körpergewicht hat großen Einfluss auf die Verweildauer am Automaten, auf die täglichen Zunahmen und auf das Gewicht. Je älter Tiere werden, desto mehr Futter können sie aufnehmen, desto schwerer werden sie. Durch den Verkauf fallen die Daten von schwereren Kälbern weg. Damit sinkt die durchschnittliche Zunahme aller Kälber im Versuch und die Verweildauer nimmt ab. Ebenso verändert sich das Verhältnis der männlichen und weiblichen Tiere von anfänglich fast 1:1 auf 2:1.

## **1.2 Tierbeurteilung**

Die Tierbeurteilung fand in der Regel jeden zweiten Tag durch das Personal des AMS-Stalles statt und war in die täglichen Arbeitsabläufe integriert. In Urlaubs- und Erkrankungszeiten und am Wochenende mussten diese Aufgaben auch ausgeführt werden. Das führte dazu, dass unterschiedliche Personen die Kälber betreuten und die Abstände zwischen den einzelnen Beurteilungstagen größer wurden.

Die individuelle Beurteilung ist abhängig vom Wissen und der Erfahrung der einzelnen beurteilenden Personen und führt dazu, dass Kälber mit den gleichen Symptomen mal zu der einen mal zu der anderen Gruppe gerechnet und dadurch unterschiedlich behandelt wurden. Auch die Konsultation des Tierarztes kann dadurch entweder zu früh oder zu spät erfolgen und hat einen großen Einfluss darauf, ob und wann ein Kalb behandelt wird und wie erfolgreich die Therapie ist.

Der Abstand von zwei und mehr Tagen zwischen den einzelnen Beurteilungen trägt dazu bei, dass Tiere noch später als sonst oder überhaupt nicht als krank erkannt werden und damit die Ergebnisse der gesunden Tiere beeinflussen.

## **1.3 Auswertungszeitraum**

Zur Untersuchung wurde der Zeitraum von 10 Tagen vor der Behandlung herangezogen in Anlehnung an die Untersuchungen von EDWARDS und TOZER (2004); GONZÁLEZ et al. (2008) und MELZIAN (2008) bei deren Untersuchungen schon 5 – 8 Tage vor der Behandlungen Veränderungen im Verhalten der Kühe festzustellen war.

Probleme bereitete der Umgang mit der Krankheitsdauer und des Wechsel des Kälberstatus von krank auf gesund. In der Literatur fanden sich nur wenige

konkrete Angaben darüber zu welchem Zeitpunkt ein Kalb nach Ausbruch einer Erkrankung wieder als gesund eingestuft wird. Für Kälber, die an einer Durchfallerkrankung litten, gab HINDERER (1997) in ihrer Arbeit eine mittlere Krankheitsdauer von 10 - 11 Tagen an. Bei DEISCHL (1992) und NIEMEYER (1992) wurden die durchfallkranken Kälber nach 8,9 Tagen wieder als gesund bewertet, bei SEEMANN (1993) waren die Kälber schon nach 7,0 Tagen wieder gesund.

Für alle anderen Krankheiten konnten keine eindeutigen Zeiträume gefunden werden, da die Krankheitsdauer von dem Zeitpunkt des Erkennens der ersten Symptome, von dem Behandlungszeitpunkt, von den Erregerspektrum und der Gewebsschädigung abhängt.

Deshalb wurde für alle Erkrankungen festgelegt, dass zwischen den Behandlungen mindestens 20 Tage liegen müssen (10 Tage nach der letzten und 10 Tage vor der nächsten Erkrankung), damit die Veränderung des Futterverhaltens in den Tagen vor einer Erkrankung eindeutig dieser einer Erkrankung zugeordnet werden kann. Erkrankungen, bei denen der Abstand zur vorherigen Erkrankung geringer war, wurden nicht in die Auswertung aufgenommen. Mögliche Einflüsse dieser Erkrankungen auf die Futteraufnahme der nächsten Erkrankung wurden nicht berücksichtigt.

#### **1.4 Gewichtsentwicklung**

Die Kälber wurden alle vier Wochen mit einer externen Kälberwaage gewogen und die Ergebnisse festgehalten. Aus den vier bis fünf realen Gewichten zum Wiegetag, wurde das durchschnittliche Tagesgewicht für jeden Tag im Versuchszeitraum berechnet. Dadurch geht ein Teil der Informationen verloren. Tierindividuelle Tagesschwankungen werden nicht berücksichtigt, was aber für die Früherkennung interessant wäre. DE PASSILLÉ et al. (2011) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass Kälber, denen 12 l Milch am Tag angeboten wurde und die nach 47 Tagen abgesetzt wurden, sieben Tage nach dem Absetzen einen Teil ihres Gewichtes verloren. SWEENEY et al. (2010) hingegen stellten einen Gewichtsverlust nach dem Absetzen dann fest, wenn die Kälber abrupt, d.h. innerhalb eines Tages abgesetzt wurden.

Eine Ganzkörperwaage stellt nach SPRENG (2011) den Goldstandard für die

Erfassung des Körpergewichtes dar. In ihrer Arbeit verwendete sie neben einer Ganzkörperwaage auch eine Vorderfußwaage und stieß auf Probleme bei der Erfassung des Körpergewichtes. Bis zum Absetzen der Kälber im Alter von 71 Tagen gab es wenige Abweichungen zwischen den beiden Waagen, danach erfasste die Vorderfußwaage deutlich zu hohe Körpergewichte. Die Autorin führt das auf die verkürzte Verweildauer der Kälber im Stand zurück, da die Kälber keine Milch mehr aufnehmen und somit nicht lange genug ruhig stehen um eine genaue Messung zu ermöglichen. Sie ermittelte bei dreimaliger Wiegung des Kalbes pro Tag zwischen der Ganzkörperwaage und der Vorderfußwaage Abweichungen von bis zu 50 % des mittleren Tagesgewichts.

Die täglichen Zunahmen der männlichen Tiere wurden natürlich auch durch den Verkauf der Tiere ab 75 kg beeinflusst und lagen somit unter denen der weiblichen Tiere. Insgesamt aber ist die tägliche Zunahme mit  $868,55 \text{ g} \pm 335,02 \text{ g}$  bei den männlichen Tieren und  $1019,10 \text{ g} \pm 340,22 \text{ g}$  bei den weiblichen Tieren als gut zu beurteilen. SOBERON et al. (2012) erreichten Tageszunahmen von 820 g pro Tag bei Tieren, VERHÜLSDONK et al. (2011) realisierten in ihren Versuchen 830 g – 840 g pro Tag bei Kälbern im Alter zwischen 36 und 70 Tagen. BERBERICH und GRIMM (2013) beschrieben in ihren Versuchen bei Kälbern, die eine Zeit lang ad libitum getränkt wurden, tägliche Zunahmen von durchschnittlich 742 g pro Tag gegenüber den restriktiv gefütterten Kontrollkälbern von 592 g pro Tag.

### **1.5 Messung der Körperkerntemperatur**

Die Messung der Körperkerntemperatur wurde mit Hilfe einer in den Gumminuckel verbauten Elektrode vorgenommen, die die Zungentemperatur der Kälber bestimmen sollte. Im Versuchszeitraum waren aber nur bei knapp 40 % der erhobenen Daten Temperaturwerte vorhanden. Das spricht für eine hohe Ausfallquote dieser Methode. Der Nuckel diene den Kälbern zwar zur Tränkeaufnahme, wird aber von den Kälbern zusätzlich als Spielobjekt verwendet. Nach DE PASSILLÉ und RUSHEN (2015) wird durch eine restriktive MilCHFütterung der Hunger nicht gestillt und die Kälber kommen öfter in den Tränkestand und führen Spielverhalten aus. Durch Beißen, Quetschen oder Stoßen wird der Nuckel deutlich mehr beansprucht und die Elektrode kann leicht brechen. Zusätzlich führen Stromausfall oder zu kurze Meßzeiten zum Datenverlust.

MAYER (2005) stellte in seiner Arbeit fest, dass die Temperaturmessung über die Tränenrinnen nicht die gewünschten Daten lieferte. Auch bei SPRENG (2011) gab es Probleme mit der Temperaturmessung über den Nuckel. Je höher die Zungentemperatur wurde, desto geringer wurde die ausgegebene Temperatur und ein Alarm konnte nicht ausgelöst werden. Die Autorin empfiehlt die Kombination aus Fiebermessung und Verhaltensweisen um ein Tier als krank zu identifizieren.

### **1.6 Definition von kranken Tieren**

Als krank wurde ein Tier bezeichnet, wenn es mindestens einmal im Versuchszeitraum von einem Tierarzt oder einer betreuenden Person behandelt wurde. Diese Definition beinhaltet sowohl die einmalige Behandlung eines Tieres gegen Ektoparasiten, als auch die mehrtägige Therapie von Durchfall- oder Lungenerkrankungen. Dabei wird davon ausgegangen, dass jede Erkrankung eine Veränderung des Futteraufnahmeverhaltens erzeugt, selbst der Befall der Tiere mit Ektoparasiten. Allerdings ist die Intensität der Veränderung des Futteraufnahmeverhaltens nicht mit berücksichtigt. Vielleicht wäre die Einteilung in Schweregrade weiter aufschlussreich, allerdings würde dann die Tierzahl pro Gruppe sinken und die Aussagekraft würde abnehmen.

Erkrankungen wurden nur ausgewertet, wenn sie im Kälberstall auftraten. Tiere, die in der Igluphase erkrankten und behandelt wurden, wurden als gesund eingestuft, weil es über das Futteraufnahmeverhalten keine Angaben gab. Natürlich beeinflusst eine Erkrankung in der Igluphase das Futteraufnahmeverhalten der Tiere in der Anfangszeit am Tränkeautomaten. Je nach Schweregrad der Erkrankung und körperlicher Beschaffenheit der Tiere kann die Genesung relativ schnell von Statten gehen und sich nur gering auf die Tränkeaufnahme auswirken, oder sich über Tage hinziehen und damit auch das Futteraufnahmeverhalten entsprechend länger stören. Da aber von allen gesunden Tieren ein Mittelwert für den entsprechenden Parameter erhoben wurde, dürfte dieser Einfluss zu vernachlässigen sein.

Im Versuchszeitraum traten Erkrankungen im Bereich des Gastrointestinaltraktes am häufigsten auf, gefolgt von Erkrankungen der Atemwege. An dritter Stelle kamen die Erkrankungen im Bereich des Nabels. Diese Aufteilung wurde auch in den Arbeiten von SVENSSON et al. (2003) und SVENSSON und JENSEN (2007) gefunden.

### **1.7 Behandlungszeitpunkt**

Die Behandlung der kranken Tiere fand durch den Hoftierarzt statt. Dieser wurde vom Personal des AMS verständigt und kam im Rahmen seiner Tour zu den Kälbern gefahren. Dadurch fand die Behandlung immer zu verschiedenen Zeitpunkten statt. Der Abstand zwischen Erkennen und Behandlung einer Krankheit beeinflusst das Nahrungsaufnahmeverhalten. Erfolgte die Therapie ziemlich schnell nach dem Erkennen, so konnte die Erkrankung nicht lange auf die Tiere einwirken und das Futteraufnahmeverhalten veränderte sich kaum, sodass die Unterschiede zwischen kranken und gesunden Tieren im Tagesmittel nicht mehr so deutlich hervor traten. Damit sank die Empfindlichkeit der Verhaltensmerkmale. Wurde die Erkrankung aber zu spät erkannt oder die Tiere erst spät nach Erkennen einer Erkrankung behandelt, so wurde das Futteraufnahmeverhalten stark durch die Krankheit beeinflusst. Dadurch traten die Unterschiede im Tagesmittelwert zwischen gesunden und kranken Kälbern deutlicher hervor. Die Empfindlichkeit war also deutlich besser.

## **2. Tränke**

### **2.1 Einfluss des Gewichtes und Geschlechtes**

In den Untersuchungen konnte kein Einfluss des Geschlechtes auf die Tränkeaufnahme pro kg met. Körpergewicht nachgewiesen werden. Dies ist deswegen so, weil die Kälber im Versuchszeitraum noch recht jung waren und in diesem Alter unabhängig vom Geschlecht noch etwa gleichviel Tränke pro kg met. Körpergewicht pro Tag aufnehmen. Tierindividuelle Unterschiede in der Tränkeaufnahme verschwinden bei der Berechnung des Mittelwertes, so dass geringgradige Unterschiede keinen Effekt mehr haben. JENSEN (2006) hingegen stellte in Ihren Untersuchungen fest, dass weibliche Tiere deutlich häufiger am Automaten waren als männliche. Als Gründe vermutet die Autorin zum einen, dass weibliche Kälber häufiger vom Automaten verdrängt wurden, zum anderen, dass weibliche Kälber pro Besuch eher kleinere Mengen Milch aufnehmen als männliche Tiere.

Der Einfluss des Gewichtes war zu erwarten. Bekannterweise nehmen die Kälber durch eine hohe Tränkeaufnahme in ihrem Gewicht zu; ein höheres Gewicht führt zu einem höheren Energiebedarf, was wiederum zu einer höheren

Tränkeaufnahme führt.

Der Tränkeplan wirkt sich stark auf die Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht aus und gibt ihm den spezifischen Verlauf. Die Steigerung der täglichen Milchmenge von sechs Liter auf acht Liter bei den weiblichen Tieren und von sechs Liter auf zehn Liter Milch pro Tag bei den männlichen Tiere führt zu einem kontinuierlichen Anstieg der Kurve, weil das Kalb den Energiebedarf für das tägliche Wachstum vollständig aus der angebotenen Tränkemenge decken kann. Ab einem Alter von etwa 30 Tagen beginnt die restriktive Fütterung, d.h. weibliche Tiere bekommen weiterhin maximal acht Liter pro Tag, männliche Tiere maximal zehn Liter pro Tag zugeteilt. Da die Tiere täglich wachsen und damit das metabolische Körpergewicht größer wird, die Milchmenge aber begrenzt ist, beginnt die Kurve stetig abzusinken, weil der Quotient aus Tränkeaufnahme pro Tag und met. Körpergewicht kleiner wird. Durch das weitere Wachstum haben die Kälber einen hohen Energiebedarf, der aber nicht mehr allein durch die tägliche Milchmenge gedeckt werden kann, und die Kälber nehmen Kraftfutter auf. JENSEN (2006) fand heraus, dass Milch deutlich besser zur Deckung des täglichen Energiebedarfes geeignet ist als Kraftfutter. In ihren Untersuchungen nahmen Kälber, die 3,8 – 4,8 l Milch pro Tag erhalten hatten, zwar deutlich mehr Kraftfutter auf, dafür hatten sie eine geringer tägliche Zunahme als Tiere, die 8-10 l Milch erhalten hatten. JASPER und WEARY (2002) gaben an, dass Kälber, die Milch ad libitum erhielten und wenig Kraftfutter aufnahmen, das Energiedefizit deutlich besser kompensierten und vor dem Absetzen hohe tägliche Zunahmen hatten. Die Kälber der ad libitum Gruppe erkrankten genauso häufig an Durchfall wie die Kälber der Kontrollgruppe, so dass die Autoren darauf hinweisen, dass die ad libitum Fütterung die Immunität des Kalbes nicht negativ beeinflusst. GODDEN et al. (2005) fanden heraus, dass die Belastbarkeit des Immunsystem abhängig von der aufgenommenen Energie ist. In ihren Untersuchungen verglichen sie Kälber, die Milchaustauscher erhielten mit Kälbern, die pasteurisierte, nicht verkehrsfähige Milch bekamen. Die milchgetränkten Kälber erkrankten deutlich weniger als die mit Milchaustauscher gefütterten Kälber. Zum gleichen Ergebnis kamen auch BERBERICH und GRIMM (2013). In ihren Untersuchungen zeigte sich, dass ad libitum getränkte Kälber zwar genauso häufig erkrankten wie restriktiv gefütterte Kälber, dass aber die ad libitum gefütterten Kälber in der Erkrankungsphase deutlich höhere



Tageszunahmen hatten als die Kontrollgruppe und somit eine bessere Krankheitsbekämpfung durch das Immunsystem stattfand.

## **2.2 Eichkurve**

Die Eichkurve wurde aus den Daten der gesunden Tiere im Versuch berechnet. In ihrem Verlauf macht sich wieder die Futterrestriktion bemerkbar, indem die Eichkurve nach einem linearen Anstieg nach ca. 30 Tagen wieder linear abfällt. Durch die begrenzte Tränkeaufnahme können die Kälber nicht noch mehr Tränke aufnehmen und müssen auf andere Futtermittel zurückgreifen um ihren Tagesbedarf an Energie aufzufüllen. Durch eine konstante Tränkemenge und ein immer größeres Gewicht sinkt der Quotient aus Tränkemenge pro Tag und dem metabolischen Körpergewicht und die Kurve sinkt ab.

Nach der Einstellung der Kälber in die Kälberställe müssen sich die Kälber an eine kontinuierliche Fütterung über einen Automaten gewöhnen. Nach einer Umstellungsphase von etwa fünf bis sieben Tagen holen die Kälber ihre Milchration selbständig am Automaten ab. Äußere Einflüsse wie das Klima, Geräusche und Funktionsprobleme des Automaten, aber auch das Verdrängt werden der Kälber vom Automaten führen zu Schwankungen in der Aufnahme der täglichen Ration.

Die restriktive Fütterung ab dem 30. Tag und das zunehmende Alter führen dazu, dass die Tiere ihre Tagesration an Milch immer schneller und vollständiger aufnehmen können. Die Schwankungen gehen zurück. Ab dem 50. Tag nehmen die Kälber ihre Milch so schnell und vollständig auf, dass keine Schwankungen mehr vorkommen.

Zusätzlich wurde den Kälbern Rauhfutter angeboten. Mit der restriktiven Tränkefütterung ab dem 30. Lebenstag wurden die Kälber dazu gezwungen ihren Hunger auch durch das Rauhfutter zu stillen. Dadurch wurde das Hungergefühl während der tränkefreien Zeit gestillt und die Kälber, die gerade an der Milchtränke waren, konnten länger im Stand verbleiben und in Ruhe Ihre Ration trinken.

## **2.3 Prozentuale Abweichung**

Die prozentuale Abweichung der täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches

Körpergewicht ist mit - 13,58 % als Mittelwert am Behandlungstag über alle Erkrankungsarten nicht sehr deutlich ausgeprägt. Der Status „krank“ hat auf die Tränkeaufnahme nur einen schwachen Einfluss, was aber für das Überleben der Kälber wichtig ist. Da Milch in dieser Zeit die Hauptnahrungsquelle ist und die Kälber daraus die wichtige Energie für den Kampf gegen die Krankheit beziehen, müssen die Kälber so lange es geht Milch aufnehmen. Auch in den Untersuchungen von ROTH et al. (2008) tranken die Kälber trotz eines schlechten Gesundheitszustandes weiterhin ihre täglich angebotene Milch.

Die hohe Standardabweichung belegt einen großen Schwankungsbereich der Werte, was zum einen auf das unterschiedliche Alter der Tiere am Behandlungstag zurückzuführen ist, zum anderen auch auf den Einfluss von verschiedenen Erkrankungen. Die Verläufe der prozentualen Abweichungen der kranken Kälber von den gesunden Kälbern in Abhängigkeit zu den einzelnen Grunderkrankungen (Abb.15, Anhang 3) gibt deutliche Hinweise auf die unterschiedlichen Einflussstärken der einzelnen Erkrankungen, wobei allerdings die Interpretation dieser Verläufe aufgrund der geringen Fallzahlen sehr vorsichtig vorzunehmen ist.

## **2.4 Empfindlichkeit**

Die Tränkeaufnahme ist ein brauchbares Merkmal um kranke und gesunde Tier von einander zu Unterscheide. Die AUC-Werte am Tag vor der Behandlung und am Behandlungstag belegen mit einem Wert von 0,75 einen mäßigen Einfluss von Erkrankungen auf die Tränkeaufnahme. Das liegt zum einen darin begründet, dass sich die Kälber in der ersten Lebensphase ausschließlich von Milch ernähren. Diese liefert aufgrund des hohen Fettgehaltes und der vielen Inhaltstoffe lebenswichtige Energie. Um zu überleben müssen die Kälber, solange sie dazu in der Lage sind, Milch trinken. Erst bei einer starken Beeinträchtigung durch die Erkrankung sinkt die Tränkeaufnahme ab. Zu diesem Ergebnis kamen auch ROTH (2008), BORDERAS et al. (2008) und BORDERAS et al. (2009a). Deshalb ist ihrer Meinung nach ist die Milchaufnahme für die Überprüfung des Gesundheitsstatus von Kälbern nicht geeignet. MAATJE et al. (1993) hingegen fanden in ihren Untersuchungen heraus, das sich tägliche Milchaufnahme der Kälber gut zur Erkennung von kranken Kälbern eignet. Das wurde in den Untersuchungen von SVENSSON und JENSEN (2007) und BORDERAS et al.

(2009a) bestätigt. Zusätzlich wiesen BORDERAS et al. (2009a) darauf hin, dass die Aussagekraft abhängig ist von der täglich gefütterten Milchmenge. WENGE et al. (2014) stellten bei ad libitum getränkten Kälbern einen deutlichen Abfall der täglichen Milchmenge vor Ausbruch einer Durchfallerkrankung fest. Bei restriktiv gefütterten Tieren war der Abfall nicht so stark.

### **3. Kraftfutter**

#### **3.1 Einfluss des Geschlechts**

Die Punktwolke der Kraftfutteraufnahme folgt der im Futterplan vorgesehenen schnelleren Steigerung der täglich erlaubten Tagesmenge ab dem 43. Versuchstag. Die höhere Kraftfutteraufnahme von einigen männlichen Kälbern am Anfang der Kurve ist ein Beleg dafür, dass diese Tiere sich schneller mit den neuen Gegebenheiten auseinandergesetzt haben und es deshalb schaffen ihre Tagesration voll aufzunehmen. Eine kleine Gruppengröße bei Einstellung fördert dieses Verhalten. Auch das Verdrängen von anderen, vor allem weiblicher Kälber, spielt dabei eine Rolle. Dieser Vorteil hält für etwa 20 Tage an. Nach kurzer Zeit holen die weiblichen Tiere auf, was dafür spricht, dass die Kälber sich gut an das Leben im Kälberstall gewöhnt haben und ihre Rationen schnell aufnehmen. STAMEY et al. (2012) wiesen auch einen geschlechtsspezifischen Unterschied nach. Durch die Limitierung der täglich maximal erlaubten Kraftfuttermenge ab dem 63. Lebenstag können die Tiere nicht mehr weiteres Kraftfutter aufnehmen. Dadurch bildet sich eine dichte Punktwolke im Bereich von 1500 g.

Die zweite größere Punktwolke macht deutlich, dass viele Kälber das Kraftfutter noch nicht in der Menge aufnehmen, wie es ihnen angeboten wird. Als Einflüsse sind hierbei das Klima, der Geschmack des Kraftfutters, die vorhandene Sättigung durch die aufgenommene Tränke, oder auch das Verdrängen durch andere Tiere zu nennen. Diese Punktwolke wird erst ab 75. Lebenstag, also zu Beginn der Abtränkphase wieder weniger. Durch das Abtränken und dem damit verbundenen Energiedefizit werden die Tiere dazu gebracht noch mehr Kraftfutter aufzunehmen. DE PASSILLÉ et al. (2011) kamen in Ihren Untersuchungen zu einem ähnlichen Ergebnis. Sie konnten zeigen, dass Kälber, denen 12 l Milch pro Tag angeboten wurde, maximal 500 g Kraftfutter während der Tränkeperiode zu sich nahmen und erst mit dem Absetzen im Alter von 89 Tagen die Kraftfutteraufnahme deutlich anstieg. Auch JASPER und WEARY (2002);

SWEENEY et al. (2010) und BERBERICH und GRIMM (2013) stellten fest, dass mit dem Absetzen die Kraftfutteraufnahme deutlich zunahm.

In den Untersuchungen von DE PASSILLÉ und RUSHEN (2015) wurden die Kälber in Abhängigkeit zur aufgenommenen Kraftfuttermenge abgetränkt. Dabei zeigte sich, dass manche Kälber schon mit acht Wochen vollständig abgetränkt waren, andere erst mit 13 Wochen. Nach Meinung der Autoren ist die Kraftfutteraufnahme tierindividuell zum einen durch die Fähigkeit zur Kraftfutteraufnahme, zum anderen durch die Bereitschaft der Kälber zur Kraftfutteraufnahme beeinflusst.

Der lineare Einfluss des Gewichtes war zu erwarten. In der Aufzuchtphase beeinflussen sich Gewicht und Kraftfutteraufnahme gegenseitig. Das Tier braucht zum Wachsen viel Energie, die es aus dem Futter bezieht. Die Energie wird dann in Körpermasse umgesetzt und das Tier nimmt an Gewicht zu. Ab einem gewissen Zeitpunkt reicht die aufgenommene Energie aus der Tränke nicht mehr zur Deckung des Energiebedarfs für Grundumsatz und Wachstumsprozesse aus. Deshalb nimmt das Tier mehr Kraftfutter auf. Nach JENSEN (2006) ist die Energie, die den Kälbern aus dem Kraftfutter zur Verfügung steht, kein gleichwertiger Ersatz für die Energie aus der Milch. Kälber, die in ihren Untersuchungen vor dem Absetzen mit 3,8-4,8 l Milch pro Tag gefüttert wurden, zeigten zwar eine hohe Kraftfutteraufnahme, hatten aber eine deutlich geringere tägliche Zunahme als Kälber, die 6,5 – 8 l Milch erhielten.

Einen großen Einfluss nimmt die rationierte Fütterung auf den Verlauf der täglichen Kraftfuttermenge pro kg met. Körpergewicht im Verhältnis zum Alter. Die Verdichtung der Werte bei etwa  $40 \text{ g/kg}^{0,75}$  und der Abstieg der Punktwolke hängt mit der Limitierung des Kraftfutterangebotes pro Tag und der Berechnung des Quotienten zusammen. Da die tägliche Kraftfuttermenge gleich bleibt, das Tagesgewicht aber zunimmt, wird der Quotient kleiner. Die Verdichtung der Werte zwischen 20. und 80. Tag weist darauf hin, dass die Kälber nicht die volle Ration abrufen konnten, weil sie entweder noch gesättigt waren, durch Umwelteinflüsse gestört oder von anderen verdrängt wurden. Auch eine technische Störung des Automaten kann dazu beigetragen haben, dass die Kälber nicht die komplette Ration aufnehmen konnten.

### 3.2 Eichkurve

Die Eichkurve für die Kraftfutteraufnahme pro kg met. Körpergewicht reagiert stark auf die Vorgabe des Tränk- und Fütterungsplanes, allerdings mit ein paar Tagen Verzögerung. Diese Zeitspanne benötigen die Kälber um sich an die neue Situation anzupassen. Die gleichmäßige, eher gering ausfallende Kraftfutteraufnahme in den ersten 45 Tagen entsteht, weil die tägliche Milchration bis zum 40. Lebenstag gesteigert wird und die Kälber gut gesättigt sind und nur gelegentlich Kraftfutter aufnehmen. Ab dem 40. Lebenstag bleibt die tägliche Milchmenge für die weiblichen Kälber gleich, für die männlichen Kälber wird die Tagesration an Milch weiterhin gesteigert. V.a. die weiblichen Kälber beginnen vermehrt Kraftfutter aufzunehmen, was zu dem leichten Anstieg ab Tag 45 führt. Der letzte Anstieg um Tag 70 ist die Reaktion der Kälber auf das Abtränken. Das Energiedefizit wird größer und die Kälber müssen mehr Kraftfutter aufnehmen um diesen Energiebedarf zu decken. Die Abflachung der Kurve ab dem 85. Lebenstag wird durch die Limitierung der Kraftfuttermenge auf 1500 g pro Tag erzeugt.

### 3.3 Prozentuale Abweichung

Erkrankungen lösen eine sehr starke Abweichung der Kraftfutteraufnahme einen Tag vor der Behandlung aus. In den Tagen vor der Erkrankung schwankt die Kurve um Werte zwischen +25 % und -15 %. Innerhalb eines Tages stürzt die Kraftfutteraufnahme um das doppelte auf etwa - 48 % ab. Eine Therapie bringt eine deutliche Besserung der Kraftfutteraufnahme, die Kälber fressen fast doppelt so viel.

Werte über 100 % sind rechnerisch bedingte Fehler und entstehen dadurch, dass die Futteraufnahme vor und nach einer Behandlung unabhängig vom Alter ins Verhältnis gesetzt wird. Die in Abb. 10 dargestellte dichte Punktwolke in einem Kraftfutterbereich bis 250 g ist Auslöser dieses Fehlers. Sind in der gesunden Vergleichsgruppe viele Tiere aus dieser Punktwolke, so wird der Mittelwert der Vergleichsgruppe niedrig gehalten. Vergleicht man ein krankes Tier mit einem Tier aus dieser Vergleichsgruppe, so kann es sein, dass die Kraftfutteraufnahme des kranken Tieres weit über dem Mittelwert der Vergleichsgruppe liegt und damit einen Wert über 100 % bekommt.

Das gleiche gilt auch für die Werte der prozentualen Abweichungen für die einzelnen Erkrankungen. Aufgrund der kleinen Beobachtungszahl von 26 Fällen bei den Atemwegserkrankungen und 18 Beobachtungen bei den gastrointestinalen Erkrankungen sind die Mittelwerte nur bedingt verlässlich, geben aber eine Tendenz vor.

Bei einer Erkrankung der Atemwege sinkt die Kraftfutteraufnahme innerhalb von Tagen auf einen Wert von etwa -50 % ab, was schon einen sehr deutlichen Einbruch darstellt. Infolge der Beeinträchtigung der Atemwege und evtl. eines Fiebers können die Tiere nicht mehr richtig fressen und holen ihre Ration nur bedingt ab. Zusätzlich bemühen sich die Kälber möglichst viel Tränke aufzunehmen, wodurch zum einen die Erschöpfung zunimmt, zum anderen das Hungergefühl minimiert wird. Die Beeinträchtigung der Atemwege wirkt sich auch auf die Aktivität aus. Kranke Tiere liegen viel und schränken ihren Bewegungsradius ein, wodurch der Kraftfutttertrog weniger häufig besucht wird. Die Therapie der Atemwegserkrankungen ist scheinbar wenig hilfreich. Die Kraftfutteraufnahme steigt nicht so schnell an und bleibt um den ersten Tagen nach der Behandlung in etwa um den Mittelwert der gesunden Tiere. Der Grund liegt hierfür in der Schädigung der Atemwege durch die Krankheitserreger. Antibiotika und Schmerzmittel reduzieren nur die Anzahl der Erreger oder lindern die Schmerzen, die Wiederherstellung der Funktionswege muss der Körper selbst leisten. Je größer der Schaden in den Lungen ist, desto länger dauert die Wiederherstellung der einzelnen Lungenabschnitte. Je besser die Lunge wieder funktioniert, desto besser wird das Verhalten des Kalbes, es bewegt sich mehr und besucht den Kraftfutttertrog wieder öfter am Tag und somit steigt auch die Kraftfutteraufnahme wieder an.

Der Verlauf der gastrointestinalen Erkrankungen ist im Vergleich zu den Atemwegserkrankungen dramatischer, dafür ist er auch schneller wieder vorbei. Innerhalb von zwei Tagen sinkt die Kraftfutteraufnahme von über 100 % auf -20 % ab. Die Tiere verlieren in der Regel viel Flüssigkeit und es kommt zu Stoffwechselentgleisungen bis hin zur Azidose. Die Therapie der Erkrankung mit Azidoseausgleich, Rehydratation und evtl. einer Antibiose führen den Körper schnell wieder auf den richtigen Weg. Auch die Wiederherstellung der Funktionsgebilde des GIT nach einer Schädigung verläuft schneller als bei den Atemwegserkrankungen.

### **3.4 Empfindlichkeit**

Nur der Tag vor der Behandlung eignet sich nach Auswertung der ROC-Kurve zur Vorhersage von Erkrankungen. Die Werte vorher und nachher liegen deutlich unter dem Wert von 0,7335. Sie weisen darauf hin, dass der Einfluss der Erkrankung sehr schnell wieder vorbei ist. Auch MAYER (2005) konnte in seiner Arbeit nur einen Effekt am Tage vor Ausbruch der Erkrankung feststellen.

Die Kälber im Versuch nehmen keine großen Mengen Kraftfutter auf. Die tierindividuellen Schwankungen sind zu groß, als dass der Einfluss der Erkrankungen deutlicher zu Tage tritt. Am Tag der Behandlung steigt die Empfindlichkeit an, allerdings können kranke Tiere zu diesem Zeitpunkt visuell herausgefunden werden. Nach BORDERAS et al. (2009b) nehmen kranke und gesunde Tiere gleich viel Kraftfutter auf.

## **4. Wasser**

### **4.1 Einfluss des Geschlechtes und des Gewichtes**

Der Vergleich der Punktwolken der beiden Geschlechter zeigte keinen Einfluss des Geschlechtes auf die Wasseraufnahme. Männliche und weibliche Tiere trinken in dieser Altersspanne etwa gleich viel Wasser.

Der Einfluss des Tagesgewichtes auf die Wasseraufnahme war zu erwarten. Je größer und schwerer ein Tier wird, desto mehr Flüssigkeit braucht es auch. Die Berechnung der täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht zeigte deutlich, dass der Bedarf an Wasser pro kg metabolisches Körpergewicht pro Tag bis zum Abtränken gleich bleibt, während die täglich Wasseraufnahme pro kg mit zunehmendem Alter steigt. Ein Teil des Wassers scheint also beim Wachstum im Organismus gespeichert zu werden und steht dem Stoffwechsel des Tieres nicht zur Verfügung. Zu Beginn des Abtränkens steigt die Wasseraufnahme rapide an, weil die Tiere den Verlust der Flüssigkeit aus der Tränke kompensieren müssen.

Der Tränkeplan hat auf die Wasseraufnahme einen starken Einfluss. Zu Beginn des Auswertungszeitraumes erhalten die Kälber genug Flüssigkeit aus der Tränke und trinken daher im Durchschnitt etwa 1,5 l Wasser pro Tag. Damit lagen die Kälber im Bereich dessen, was KLINDWORTH et al. (2006) und WENGE et al.

(2014) in ihren Arbeiten herausgefunden hatten. Höhere Wasseraufnahme, wie sie in den Arbeiten von KASKE und KUNZ (2003); ULBRICH et al. (2004) und RICHTER et al. (2007) beschrieben worden sind, konnten in dieser Arbeit nicht bestätigt werden. Etwa ab dem 38. Lebenstag bekommen die weiblichen Tiere nur noch acht Liter Tränke zugeteilt, bei den männlichen Tieren wird die Tränke weiterhin auf max. zehn Liter Tränke gesteigert. Die Tiere müssen nun zusätzlich Flüssigkeit aufnehmen und die Wasseraufnahme steigt. Am 58. Tag etwa beginnt die Abtränkphase und die Tiere müssen schnell den Verlust der Flüssigkeit aus der Tränke durch eine Steigerung der Wasseraufnahmen ausgleichen. Der Wasserverbrauch steigt rapide an. Diesen Effekt wiesen auch andere Autoren in Ihren Versuchen nach (RICHARD et al. (1988); HEPOLA et al. (2008); DE PASSILLÉ et al. (2011); HUUSKONEN et al. (2011)).

HEPOLA et al. (2008) stellten in ihren Untersuchungen fest, dass Kälber, denen an der Nippeltränke angesäuerter Milchaustauscher ad libitum angeboten wurden, in der Tränkephase nur wenig Wasser (etwa 0,4 l/Tag) zu sich nahmen. Einen Tag vor dem Absetzen tranken sie  $1,1 \text{ l} \pm 0,3 \text{ l}$  Wasser, einen Tag nach dem Absetzen  $8,2 \text{ l} \pm 0,8 \text{ l}$  Wasser.

#### 4.2 Eichkurve

Die Eichkurve reagiert auf die Vorgabe des Tränkeplans. Bis zum 40. Lebenstag verläuft sie konstant und die Grenzbereiche sind eng zusammen, was für gleichbleibenden Bedarf an zusätzlichem Wasser spricht. Weil die Tränkemenge innerhalb dieser Zeit gesteigert wird, können die Kälber ihr gesamtes Flüssigkeitsbedürfnis über die Tränke stillen und müssen nur kleine Mengen Wasser zu sich nehmen. Zwischen 40. und 60. Lebenstag wird die Tränke für die weiblichen Kälber auf acht Liter pro Tag limitiert, für die männlichen Kälber wird die Tränkemenge auf zehn Liter pro Tag weiter angehoben, allerdings nicht in der gleichen Geschwindigkeit. Auch die männlichen Kälber müssen ihr Flüssigkeitsdefizit mehr und mehr über das Wasser ausgleichen. Ab dem 60. Lebenstag steigt die Kurve wieder exponentiell an, weil die Kälber ab diesem Zeitpunkt schnell abgetränkt werden und das Flüssigkeitsdefizit vor allem über die Wasseraufnahme kompensieren müssen (RICHARD et al., 1988).

Die Erweiterung des Grenzbereiches ab dem 60. Lebenstag spricht für eine Zunahme der Streuung der Werte, die durch klimatische Einflussfaktoren



(v.a. Hitze), technische Störungen und Verdrängen herbeigeführt werden.

### **4.3 Prozentuale Abweichung**

Nach RADEMACHER (2003); KLINDWORTH et al. (2006); SCHWAB (2007) eignet sich die Wasseraufnahme zur Krankheitsfrüherkennung. Dies konnte leider in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Die prozentuale Abweichung der Wassertränke pro kg met. Körpergewicht liefert keinen Einfluss der Erkrankungen auf die Wasseraufnahme. Der Grund hierfür ist, dass die Kälber bis zum 60. Lebenstag ausschließlich Milch erhielten und somit nur einen Teil ihres Flüssigkeitsbedarfes über das Wasser decken mussten. Ein weiterer Grund ist die Qualität der Daten, weil auch Fehler bei der Erfassung gemacht wurden und damit nicht für jeden Tag ein Wert vorhanden war.

### **4.4 Empfindlichkeit der Wasseraufnahmen**

Die Wasseraufnahme ist im Auswertungszeitraum an die Tränkeaufnahme gekoppelt. In der Anfangszeit werden die Kälber voll getränkt, der Flüssigkeitshaushalt wird ausschließlich über die Tränkeaufnahme geregelt. Erst zu Beginn der Restriktion muss Wasser zusätzlich aufgenommen werden. Die meisten Kälber erkrankten im Durchschnitt mit 35,93 Tagen, was genau in der Phase der restriktiven Tränkefütterung liegt. Die aufgenommenen Mengen an Trinkwasser sind aber so gering und schwankend, sodass sich kein Einfluss einer Erkrankung nachweisen lässt.

## **5. Tagesschrittzahl**

### **5.1 Einfluss von Gewicht und Geschlecht**

Nach der Einnistung in die Kälberställe bewegen sich die Kälber im Auswertungszeitraum in etwa immer gleich viel und zwar unabhängig von Geschlecht und Gewicht. Auch das Alter und der Tränkeplan scheinen keinen Einfluss auf die Bewegungsfreudigkeit der Tiere zu haben. Allerdings ist die Datenlage mit knapp 50 % der erfassten Tagessätze nicht geeignet um einen Einfluss der o.a. Faktoren definitiv auszuschließen.

Die Kälberställe und Kälberiglus bieten den Kälbern im Rahmen der gesetzlichen Vorschriften Platz zum Bewegen, allerdings ist der Bewegungsradius der Kälber

durch die baulichen Gegebenheiten des Kälberstalles begrenzt. Weite Strecken zur Tränke- oder Futteraufnahme müssen nicht zurückgelegt werden. Das Erkundungsverhalten der Kälber nimmt ab, weil die Kälber sich an den Stall gewöhnt haben und ihn gut kennen. Nur noch das Spielverhalten kann in vollem Umfang stattfinden. Zusammen mit dem Tränke- und Futterverhalten bildet es die Basis der täglichen Bewegung.

## **5.2 Eichkurve**

Die Eichkurve bleibt ebenfalls durch das Geschlecht, das Gewicht, den Tränkeplan und das Alter scheinbar unbeeinflusst. Die Schwankungen im Grenzbereich sind Ausdruck von individuellen Verhaltensweisen einzelner Tiere.

## **5.3 Prozentuale Abweichung**

Die prozentuale Abweichung der Schrittzahl pro Tag wird deutlich von den Erkrankungen beeinflusst. Viele Erkrankungen gehen mit hohem Fieber einher, was das Allgemeinbefinden der Tiere und die Futteraufnahme beeinträchtigt. Die reduzierte Futteraufnahme führt zu metabolischen Veränderungen und Inbalancen und zu einer weiteren Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens. Die Tiere liegen vermehrt oder stehen inaktiv herum. Energie wird nur noch für elementar wichtige Verhaltensweisen wie Tränke- und Futteraufnahme verwendet (WHITE et al., 2012). Außerdem führen Schmerzen, die als Begleiterscheinung der Erkrankungen auftreten, zu einer weiteren Reduktion. Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen von HANZLICEK et al. (2010).

Die Therapie scheint auf die Bewegung der Kälber kaum einen Einfluss zu haben, denn die Schrittzahl steigt trotz Behandlung nur langsam an. Nach einer Erkrankung müssen erst die lebenswichtigen Funktionskreise wieder richtig funktionieren, d.h. erst muss der Energiehaushalt wieder aufgefüllt und die metabolischen Entgleisungen wieder normalisiert werden. In dieser Zeit bewegen sich die Kälber nur zur Tränke- und zur Futteraufnahme. Erst wenn die lebenswichtigen Funktionsbereiche wieder normal verlaufen, kann das Kalb wieder Energie auf andere Verhaltensweisen verwenden und die Schrittzahl nimmt wieder zu.

## 5.4 Empfindlichkeit

Trotz der geringen Datenmenge weist die AUC-Kurve in der Zeit vor der Behandlung Werte um 0,8 auf. Das spricht für einen deutlichen Einfluss von Erkrankungen auf die lokomotorische Aktivität, der sogar schon drei bis vier Tage vor der Behandlung deutlich messbar ist. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen mehrerer Autoren (BREER und BÜSCHER (2006); JONASSON (2009); HANZLICEK et al. (2010); FRÖHNER (2011) und BAYNE et al. (2016)). LEDGERWOOD et al. (2010); BONK et al. (2013) und SWARTZ et al. (2016) überprüften die Genauigkeit der mittels Pedometer gewonnenen Verhaltensdaten der Kälber mit den gleichzeitig erhobenen Videoaufzeichnungen. Dabei stellten sie eine hohe Übereinstimmung der beiden Erfassungsmethoden fest. Somit spiegeln nach Ansicht der Autoren die mittels Pedometer erhobenen Daten das Verhalten der Kälber verlässlich wieder. BONK et al. (2013) wiesen darauf hin, dass die Befestigung der Pedometer an einem der beiden Hinterbeine bessere Daten lieferte als an einem der beiden Vorderbeine. Die o.a. Autoren weisen darauf hin, dass die über Pedometer gewonnenen Daten zur Früherkennung von Krankheiten geeignet sind. Nach CRAMER et al. (2016) eignet sich das Kälberverhalten als alleiniges Merkmal nicht zur Krankheitsüberwachung von Kälbern. Sie empfehlen die Kombination des Kälberverhaltens mit anderen automatisch erfassten Daten wie z.B. das Futteraufnahmeverhalten.

## 6. Testsystem

Nach den Empfehlungen von CRAMER et al. (2016) wurden die täglich aufgenommene Tränkemenge und die tägliche Schrittaktivität miteinander kombiniert, da diese durch Erkrankungen deutlich beeinflusst wurden.

### 6.1 Definition von Grenzwerten

Die Definition eines Grenzwertes sollte so gewählt sein, dass möglichst viele Tiere richtig erkannt werden und möglichst wenig falsche Alarmer auftreten. Ein Alarmsystem, das zu wenige Tiere richtig erkennt, bringt genauso wenig eine Arbeitserleichterung wie ein Alarmsystem, das zu viele Tiere erkennt, von denen nur ein Bruchteil wirklich krankheitsverdächtig ist. Die Berechnung der ROC-Kurven bot eine elegante und relativ einfache Möglichkeit diesen Grenzwert zu

bestimmen.

Die Festlegung des zweiten Grenzwertes für die Milch auf mindesten 50 % weniger Milchaufnahme pro Tag stellt eine gute und sichere Grenze zur Unterscheidung von krankheitsverdächtigen und definitiv kranken Kälbern dar. Die Abweichung der Tränkeaufnahme der kranken Tiere über alle Erkrankungsarten lag bei etwa 14 % weniger Milchaufnahme (Abb.7). Bei der Aufgliederung der prozentualen Abweichung nach einzelnen Krankheitskomplexen (Abb.8) sieht man bei Nabel- und gastrointestinalen Erkrankungen eine Tendenz des Absinkens auf Werte zwischen 30 % - 40 % weniger aufgenommene Milch. Eine um 50 % reduzierte Tagesmilchmenge stellt somit für das Kalb einen drastischen Einbruch dar, der nicht durch tierindividuelle Schwankungen hervorgerufen werden kann, sondern definitiv auf eine Krankheit hindeutet.

## **6.2 Testzeitraum**

Die berechneten AUC-Werte lieferten die Grundlage für die Zeitspanne des Testzeitraumes. Die Tagestränkemenge wurde an max. zwei Tagen durch Erkrankungen beeinflusst, die Tagesschrittmenge sogar an max. vier Tagen. Der Zeitraum von insgesamt vier Tagen erschien als etwas zu lange, da die Kälber innerhalb der ersten Lebenswochen in ihren Verhaltensweisen sehr stark schwanken und es durch einen zu langen Vergleichszeitraum zu vielen Falschbewertungen kommen kann. BÜSCHER und KÄCK (1995) verglichen in ihrer Arbeit den Mittelwert der drei vorausgegangenen Tage mit dem aktuell gemessenen Wert. Dadurch konnten sie Veränderungen im Trinkverhalten gut beschreiben. Aus diesem Grund wurde auch der maximale Testzeitraum für die Tagesschrittzahl auf drei Tage festgesetzt. Bei der Tagestränkemenge wurde der maximale Zeitraum von zwei Tagen zur Auswertung herangezogen.

## **6.3 Alarmsysteme und Genauigkeit**

Die einzelnen Alarmsysteme wurden aufgrund der einzelnen Kombinationen aus den unterschiedlichen Testzeiträumen für Tagestränkeaufnahme und Tagesschrittzahl bestimmt und der Reihenfolge nach nummeriert.

Bei der Definition der Alarmcodes wurde zunächst genau überprüft, in welchem Bereich die Abweichungen auftraten. Die so entstandenen fünf Klassen des

Alarmcodes trugen zwar zur guten Übersichtlichkeit der Auswertungen und einer exakten Aufteilung der erhobenen Werte bei, führten aber zu einer zu großen Streuung der Werte und zu geringeren Tierzahlen pro Alarmcode. Die Verlängerung des Testzeitraums um einen Tag für die Tagesschritte und der Tagesmilchmengen führte zu einer Verschiebung der Daten innerhalb der Alarmcodeklassen, da die Tiere durch den Datenzuwachs besser in die Gruppen eingeteilt werden können. Auch die Herabsetzung des Grenzwertes führte zu einer weiteren Verschiebung der Werte von kranken Tieren in die anderen Alarmklassen.

Aufgrund der geringen Tierzahlen pro Alarmcodeklasse wurden die Alarmgruppen 1,2 und 4 zu der Gruppe „gesund“ und die Alarmgruppe 3 und 5 zu der Gruppe „krank“ zusammengeführt. Das brachte eine deutliche Erhöhung der Tierzahl pro Klasse und eine bessere Interpretierbarkeit mit sich, die Falsch-Positiven und Falsch-Negativen Fallzahlen stiegen an.

Die relativen Werte der Falsch-Negativen Beobachtungen sind aufgrund der Anzahl der erkrankten Tiere einen Tag vor der Erkrankung sehr vorsichtig zu beurteilen. Es standen insgesamt nur 17 Tiere zur Auswertung zur Verfügung. Interessanterweise führt die Ausweitung des Testzeitraumes nicht automatisch zu einer Verbesserung der Genauigkeit der Systeme. Zwar sinkt die Falsch-Negativ-Rate aufgrund der Ausdehnung des Testzeitraumes für die Tagesmilchmenge deutlich ab, die Änderung des Testzeitraumes für die Tagesschrittzahl führt zu einer Verschlechterung der Falsch-Positiven-Rate. Der Grund hierfür liegt in der unterschiedlichen Einteilung der Tageswerte in die einzelnen Alarmcodegruppen und deren weiter Zuordnung in die Klassen gesund oder krank. Je mehr Daten ausgewertet werden, desto präziser werden die Tiere den einzelnen Gruppen zugeteilt. Vor allem Wechsel zwischen den Codegruppen 2 und 4 und der Codegruppe 3 spielen hier eine große Rolle.

Die Herabsetzung der Grenzwerte führte nicht, wie erwartet, zu einer Erhöhung der Genauigkeit der Alarmsysteme im Ganzen, sondern zu einer anderen Verteilung der Werte auf die beiden Gruppen gesund und krank und damit auch auf die Alarmcodeklassen. Zwar nehmen die Falsch-Positiv-Raten der einzelnen Alarmsysteme weiter ab, dafür steigen die Falsch-Positiv-Raten für alle Alarmsysteme an, für die Alarmsysteme 3 und 4 sogar ziemlich deutlich. Somit werden zwar weniger Tiere fälschlicherweise als krank erkannt, dafür finden die

Alarmsysteme viel weniger wirklich kranke Tiere heraus. Interessanterweise führt die Herabsetzung dazu, dass die Unterschiede zwischen den Alarmsystemen geringer werden. Der Grund hierfür liegt zum einen in der geringen Anzahl der auswertbaren, bekannt kranken Tiere und in den deutlichen Verschiebungen der Werte von der Gruppe der kranken hin zur Gruppe der gesunden Tiere. Damit erhöht sich auch die Falsch-Negativ-Rate.

#### **6.4 Empfehlung für die Praxis**

Als das am besten geeignete Alarmsystem wurde das Alarmsystem 3 bei einem Grenzwert für die Tagesschritte von 5864 Schritten und einem Grenzwert von 6,5 Liter Milch für die Tagestränkemenge ausgewählt, weil es die beste Kombination aus einer niedrigen Falsch-Positiv-Rate und einer niedrigen Falsch-Negativ-Rate lieferte. Zwar wurden immer noch die 15,8 % der Kälber fälschlicherweise als krank erkannt obwohl sie eigentlich gesund waren, dafür wurden nur 3 von 17 (17,6 %) nicht als krank erkannt, obwohl sie eigentlich erkrankt waren. Für den Landwirt bedeutet dies, dass er auf der einen Seite einige Kälber umsonst kontrollieren muss, was für ihn einen Mehraufwand bedeutet, dass aber auf der anderen Seite die meisten Tiere auch richtig als krank erkannt und nur wenig Tiere übersehen werden.

Die anderen Alarmsysteme sind im Vergleich zum Alarmsystem 3 weniger gut für eine Vorhersage geeignet. Zwar sinkt die Zahl der Falsch-Positiven Werte, das heißt der Landwirt muss weniger Tiere untersuchen, dafür steigt der Anteil der Falsch-Negativen Werte deutlich an. Immer mehr Tiere werden nicht erkannt und verursachen Kosten durch intensive Betreuung und Behandlung.

Die Herabsetzung der Grenzwerte führt nur bedingt zu einer Verbesserung der Alarmsysteme. Zwar sinkt dadurch der Wert der Falsch-Positiven Werte deutlich ab und erreicht sogar Spitzenwerte von 3,8 %, dafür steigen aber auch die Falsch-Negativen Werte drastisch an. Der Landwirt müsste zu viel Geld in die Therapie der Erkrankungen stecken, weil zu viele Kälber nicht als krank erkannt werden.

### 6.5 Schlussfolgerung

Die rechnergesteuerte Kälberfütterung bietet dem Landwirt die Möglichkeit, seine Kälber tiergerecht zu füttern ohne dabei noch mehr Zeit in die Fütterung zu investieren. Gerade bei Betrieben, die aufgrund ihrer Herdengröße viele Abkalbungen und damit auch viele Kälber im Jahr haben, kann die Anschaffung eines Tränkeautomaten eine sinnvolle Investition sein.

Rechnergesteuerte Tränkeautomaten bieten schon viele Möglichkeiten der Gesundheitsüberwachung an. In Verbindung mit der Aktivitätsmessung durch Pedometer können die erhobenen Daten noch besser interpretiert und auch zur Früherkennung von Krankheiten eingesetzt werden. Die in dieser Arbeit erzielten Werte der Falsch-Positiven und Falsch-Negativen Beobachtungen weisen darauf hin, dass schon mit einfachen Methoden niedrige Fehlerzahlen erreicht werden können und die Früherkennung von Erkrankungen möglich ist.

Weitere Anstrengungen müssen unternommen werden, um die Anzahl der Fehlmeldungen weiter zu reduzieren. Je geringe die Fehlerzahlen und je höher die Erkennung der Kälber ist, bei denen eine aufkommende Erkrankung festgestellt wird, desto höher wird die Akzeptanz dieser Methode bei den Landwirten sein, weil der Landwirt schneller in das Krankheitsgeschehen eingreifen kann und damit großen finanziellen Einbußen durch Kälberverluste, Behandlungskosten, Wachstumsdepression, Zukauf von neuen Kälbern u.a. zuvor kommen kann.

## VI Zusammenfassung

Kälberkrankheiten haben einen erheblichen Einfluss auf die finanzielle Situation des Betriebes. Zum einen können sie zu erheblichen Tierverlusten führen mit Verlusten über 20 % der geborenen Kälber, zum anderen führen die Behandlungskosten und die Kosten für Ersatztiere zu weiteren finanziellen Belastungen. Aus diesen Gründen wurde in dieser Arbeit untersucht, ob anhand der Veränderung der Verhaltensparameter eine frühe Erkennung einer Krankheit möglich ist.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Ursachen von Kälberverlusten bei Milchkühen und Möglichkeiten zur Reduzierung“, das von durch das Institut Tier und Technik der Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt und durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten finanziert wurde, wurden in den Kälberställen in Grub Tränkeautomaten installiert, die die einzelnen aufgenommenen Mengen an Kraftfutter, Wasser und Tränke bis zum Ende des Forschungsprojektes von insgesamt 233 Kälbern in einer Datenbank speicherten. Zusätzlich wurde auch das lokomotorische Verhalten der Kälber über Pedometer erfasst. Diese Daten bildeten die Grundlage der vorliegenden Arbeit.

Von den einzelnen über den Tag vereilten Werten der Tränkeaufnahme wurden Tagessummen gebildet und über die Tiernummer und das Datum mit den Tagessummen der Kraftfutter und Wasseraufnahme und der Schritte verknüpft. Zusätzlich wurden noch die Stammdaten der Tiere, die Daten der regelmäßigen Tierkontrollen, die aufbereiteten Gewichtsdaten und die Behandlungsdaten an die bestehenden Datensätze angehängt, sodass für jeden Tag ein vollständiger Datensatz vorlag. Diese Daten wurden mit Hilfe der SAS-Prozeduren PROC MEANS und PROC FREQ ausgewertet. Anhand der ROC-Kurvenanalyse wurde die Eignung zur Früherkennung des jeweiligen Merkmals überprüft und ein Cut-Off Wert zur Unterscheidung der erkrankenden und der gesunden Tiere bestimmt.

Die Summe der Schritte pro Tag eignet sich am besten für eine Krankheitsfrüherkennung. Schon drei bis vier Tage vor der Behandlung durch einen Tierarzt lassen sich erkrankende Tiere gut von den gesunden Tieren unterscheiden. Die Tränkeaufnahme pro Tag eignet sich auch zur Früherkennung. Hiermit lassen sich die erkrankenden Tiere ein bis zwei Tage vor der Behandlung



erkennen. Die Kraftfutteraufnahme und die Wasseraufnahme pro Tag waren für die Krankheitsfrüherkennung nicht geeignet. Mit Hilfe der Kraftfutteraufnahme lassen sich zwar erkrankende Tiere einen Tag vor der Behandlung erkennen, an den anderen Tagen vor der Behandlung war aber keine Unterscheidung möglich. Bei der Wasseraufnahme war zu keinem Zeitpunkt eine Unterscheidung möglich.

Mit den gewonnenen Daten wurde nach einem geeigneten „Alarmsystem“ gesucht, das die meisten der im Versuch behandelten Kälber erkennt. Dazu wurde die Tagesschrittzahl über einen Zeitraum von zwei bis drei Tagen und die Tagestränkemenge über max. zwei Tage an jedem Tag mit dem gewonnenen Cut-Off Wert verglichen und die Veränderungen festgehalten. Bei der Kombination der einzelnen Zeiträume für die Tagestränke und die Tagesschrittzahl stellte sich heraus, dass sowohl für die Tagestränke als auch für die Tagesschrittzahl die Abweichungen vom Cut-Off-Wert über einen Zeitraum von zwei Tagen das beste Ergebnis lieferten.

Anhand der geringen Erkrankungszahlen war es nicht möglich die Früherkennung für einzelne Erkrankungen darzustellen.

## VII Summary

### **Investigation into early disease detection in calves by monitoring of dietary intake behaviour and animal activity**

Diseases in calves have a considerable influence on the financial success of farms. Firstly, they can lead to substantial losses of livestock, with loss rates of over 20 % of total calves born. Secondly, the treatment costs and the costs of substituting the animals add to the financial damages incurred. For these reasons, this study was carried out to investigate whether early disease detection is possible by monitoring changes in behavioural parameters.

Devices were installed in calf barns in Grub to monitor water, feed from troughs and concentrated feed consumed by the animals, with data being collected on 233 calves, and saved into a database up until the end of the project. This was carried out within the wider context of the research project: "Causes of calf losses in dairy cows and possibilities for reduction of these losses", carried out by the Institute for Animals and Agriculture, a department of the Bavarian State Institute for Agriculture, and financed by the Bavarian Ministry of Food, Agriculture and Forestry. Additionally, the locomotor behaviour of the calves was recorded through use of pedometers. These data formed the basis of the present study.

From the individual daily values for feed intake from troughs, day totals were calculated and combined with the day totals for the feed and water intake as well as steps taken by the calves, and this data linked with the relevant animal number and date. Additionally, the core data on the animals, the data from the regular animal checks, the processed data on animal weights, and the treatment data were attached to the existing data records, such that a complete data set was produced for each day. These data were analysed using the SAS procedures: PROC MEANS and PROC FREQ. The suitability of the early detection for each respective parameter was verified on the basis of the ROC curve analysis, and a cut-off value was determined for differentiating between diseased and healthy animals.

The sum of the steps taken per day is best suited for disease detection. As early as three to four days before treatment by a veterinarian, diseased animals can be easily distinguished from the healthy animals. The feed intake from troughs per

day is also a suitable measure for early disease detection. This allows for diseased animals to be identified around one to two days before treatment. The concentrated feed intake and the intake of water per day were not suitable for disease detection. Using the concentrated feed intake data, diseased animals can indeed be recognized one day prior to treatment, but on the other days before treatment, no differentiation was possible. For the water intake values, no differentiation was possible at any time.

The collected data were used in order to search for a suitable early alarm system that would detect most of the calves that were treated in the trial. To achieve this, the value for total steps taken per day over a period of 2-3 days and the total feed intake per day from troughs over a period of max. 2 days was compared daily with the cut-off value obtained, and the changes were recorded. By combining individual time periods for the values recorded for total daily feed intake from troughs and steps taken, it was found that both for daily feed intake from troughs and for daily steps taken, the deviations from the cut-off value over a period of two days gave the best result.

Due to the limited incidence rate of diseases, it was not possible to describe early detection for individual diseases.

### **VIII Eidesstattliche Versicherung / Declaration on oath**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

I hereby declare on oath, that I have written the present dissertation on my own and have not used other than the acknowledged resources and aids.

München, den \_\_\_\_\_ Unterschrift / Signature: \_\_\_\_\_

(Matthias Peschke)

## IX Literaturverzeichnis

**Ahmed A.K. (1987)** *Zum Verhalten von Saugkälbern an Kühen und am Tränkeautomaten*. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Altenburg H.-P. (2009)** *Analyse von ROC-Kurven mit Hilfe von SAS*. [http://de.saswiki.org/images/9/9d/13.KSFE-2009-Altenburg-Analyse\\_von\\_ROC\\_Kurven.pdf](http://de.saswiki.org/images/9/9d/13.KSFE-2009-Altenburg-Analyse_von_ROC_Kurven.pdf). (abgerufen am: 27.05.2016)

**Argenzio R.A. (1985)** *Pathophysiology of neonatal calf diarrhea*. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice; 1: S. 461-469.

**Aurich K. und Weber R. (1993)** *Einfluss eines erhöhten Saugwiderstandes auf das Saugverhalten einer Kälbergruppe*. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1992; 361: S. 154 - 166.

**Bachmann P.A., Eichhorn W. und Heß R.G. (1982)** *Aktive Mutterschutzimpfung*. Tierärztliche Umschau: S. 684-703.

**Bahr C., Scheibe K., Kaufmann O. und Brehme U. (2003)** *Erfassung und Analyse räumlicher und zeitlicher Verhaltensmuster unter Nutzung von GPS- und GIS- Anwendungen im Precision Livestock Farming extensiv gehaltener Nutztiere*. Referate der 24. GIL-Jahrestagung in Göttingen 2003 S. 6 - 9.

**Banks K.L. (1982)** *Host defense in the newborn animal*. Journal of the American Veterinary Medical Association; 181: S. 1053-1056.

**Bar-Peled U., Robinson B., Maltz E., Tagari H., Folman Y., Bruckental I., Voet H., Gacitua H. und Lehrer A.R. (1997)** *Increased Weight Gain and Effects on Production Parameters of Holstein Heifer Calves That Were Allowed to Suckle from Birth to Six Weeks of Age*. Journal of Dairy Science; 80: S. 2523-2528.

**Bayne J.E., Walz P.H., Passler T., White B.J., Theurer M.E. und van Santen E. (2016)** *Use of three-dimensional accelerometers to evaluate behavioral changes in cattle experimentally infected with bovine viral diarrhea virus.* American journal of veterinary research; 77: S. 589-596.

**Berberich N. und Grimm H. (2013)** *Auswirkung zweier Tränkeverfahren auf die Entwicklung von Aufzuchtälbern.* Tier und Technik; 68: S. 333-338.

**Bonk S., Burfeind O., Suthar V.S. und Heuwieser W. (2013)** *Technical note: Evaluation of data loggers for measuring lying behavior in dairy calves.* Journal of Dairy Science; 96: S. 3265-3271.

**Borderas T.F., de Passille A.M. und Rushen J. (2008)** *Behavior of dairy calves after a low dose of bacterial endotoxin.* Journal of animal science; 86: S. 2920-2927.

**Borderas T.F., Rushen J., von Keyserlingk M.A.G. und de Passille A.M.B. (2009a)** *Automated measurement of changes in feeding behavior of milk-fed calves associated with illness.* Journal of Dairy Science; 92: S. 4549-4554.

**Borderas T.F., de Passillé A.M.B. und Rushen J. (2009b)** *Feeding behavior of calves fed small or large amounts of milk.* Journal of Dairy Science; 92: S. 2843-2852.

**Bothmer G.v. und Budde H. (1992)** *Kälberaufzucht für Milch und Mast, 3., überarb. und erw. Aufl. edn.223 S. . DLG-Verl., Frankfurt*

**Brändle S. (2006)** *Hohe Kälberverluste - ein Stück verschenkte Zukunft.* [http://www.lazbw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw\\_rh/pdf/w/Wirtschaftliche%20Einbu%C3%9Fen%20durch%20K%C3%A4lberverluste.pdf?attachment=true](http://www.lazbw.de/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lazbw_rh/pdf/w/Wirtschaftliche%20Einbu%C3%9Fen%20durch%20K%C3%A4lberverluste.pdf?attachment=true). (abgerufen am: 03.02.2017)

**Breer D. und Büscher W. (2006)** *Aktivitätsmessung bei Kälbern*. Landtechnik; 61: S. 274-275.

**Broom D.M. (1983)** *Cow-calf and sow-piglet behaviour in relation to colostrum ingestion*. Annales de recherches veterinaires. Annals of veterinary research; 14: S. 342-348.

**Broucek J., Mihina S., Uhrincat M., Kovalcik K., Tongel P. und Tancin V. (1994)** *The habit of calves on drinking feeder and their ethological regime at various intervals of drinking*. Journal of Farm Animal Science (Slovakia): S.

**Brown E.G., VandeHaar M.J., Daniels K.M., Liesman J.S., Chapin L.T., Keisler D.H. und Nielsen M.S.W. (2005)** *Effect of Increasing Energy and Protein Intake on Body Growth and Carcass Composition of Heifer Calves\**. Journal of Dairy Science; 88: S. 585-594.

**Bulang M. (2002)** *Fortentwicklung und Bewertung einer Wiegetrog-Technik zur individuellen Frühentwöhnung von Aufzuchtälbern*., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

**Bünger U., Kaphengst P., Ponge J., Kleiner W., Schmoldt P. und Brade W. (1988)** *Zum Verhalten von an Pneumonie oder Durchfall erkrankten Kälbern in den ersten 3 Lebensmonaten*. Archiv für Experimentelle Veterinärmedizin; 42: S. 135 - 146.

**Büscher W. und Käck M. (1995)** *Prozeßrechnergesteuerte Tränkeautomaten zur Kälberfütterung - Arbeits- und Managementhilfe*. Zeitschrift für Agrarinformatik; Jg. 3: S. 113-116.

**Cardo L. und Miller B. (2014)** *Pansenentwicklung - Ist sie wirklich so wichtig?* BIOMIN Holding GmbH: S. 1-4.

**Clover C.K. und Zarkower A. (1980)** *Immunologic responses in colostrum-fed and colostrum-deprived calves*. American journal of veterinary research; 41: S. 1002-1007.

**Cramer M.C., Ollivett T.L. und Stanton A.L. (2016)** *Associations of behavior-based measurements and clinical disease in preweaned, group-housed dairy calves*. Journal of Dairy Science; 99: S. 7434-7443.

**CZAKO J. (1967)** *Gegenseitiges und Selbstsaugen der Kälber*. Wissenschaft und Fortschritt S. 218.

**Davis Rincker L.E., VandeHaar M.J., Wolf C.A., Liesman J.S., Chapin L.T. und Weber Nielsen M.S. (2011)** *Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics*. Journal of Dairy Science; 94: S. 3554-3567.

**Day M.L., Imakawa K., Clutter A.C., Wolfe P.L., Zalesky D.D., Nielsen M.K. und Kinder J.E. (1987)** *Suckling Behavior of Calves with Dams Varying in Milk Production*. Journal of Animal Science; 65: S. 1207-1212.

**de Passillé A.M., Borderas T.F. und Rushen J. (2011)** *Weaning age of calves fed a high milk allowance by automated feeders: Effects on feed, water, and energy intake, behavioral signs of hunger, and weight gains*. Journal of Dairy Science; 94: S. 1401-1408.

**de Passillé A.M. und Rushen J. (2015)** *Using automated feeders to wean calves fed large amounts of milk according to their ability to eat solid feed*. Journal of Dairy Science; 99: S. 3578-3583.

**Deininger A. und Käck M. (1999)** *Untersuchungen zum kraftfuttergesteuerten Abtränken bei Saugkälbern*. Agrartechnische Forschung; 5: S. 125 - 136.



**Deischl K. (1992)** *Untersuchungen zur Diätregelung bei der neonatalen Diarrhoe des Kalbes.* 98 S.

**Derenbach J. (1981)** *Untersuchungen zum Saugverhalten neugeborener Kälber in der Mutterkuhhaltung.* Georg August Universität, Göttingen

**Dirksen G. (1990)** *Verdauungsapparat.* In: *Die klinische Untersuchung des Rindes*, 3., neubearb. und erw. Aufl. edn. Ed Rosenberger G. Parey, Berlin. 718 S.

**Dirksen G. (2006)** *Krankheiten von Gekröse, Bauchfell und Bauchwand.* In: *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*, 5. Aufl., unveränd. Nachdr. der 4. Aufl. edn. Dirksen G, ed. Stuttgart: Parey 2006: 1325 S.

**Doll K., Weirather P. und Küchle H. (1995)** *Kälberdurchfall als Bestandsproblem: Betriebsinterne Faktoren und häufige Behandlungsfehler.* Der praktische Tierarzt.: S. 995 - 1004.

**Eberhardt T. (2002)** *Untersuchungen zum Trinkverhalten gesunder und kranker Kälber an Tränkeautomaten.* Dissertation, Hieronymus, München

**Edwards J.L. und Tozer P.R. (2004)** *Using Activity and Milk Yield as Predictors of Fresh Cow Disorders.* Journal of Dairy Science; 87: S. 524-531.

**Edwards S.A. (1983)** *The behaviour of dairy cows and their newborn calves in individual or group housing.* Applied Animal Ethology; 10: S. 191-198.

**Eibelmeier J. (2003)** *Bevor das große Husten losgeht.* Tiergesundheit und mehr; 01: S. 3-5.

**Engels H. (2010)** *„Schnupfen“ im Kälberstall.* Tiergesundheit und mehr; 03: S. 13-15.

**Erhard M.H., Amon P., Nüske S. und Stangassinger M. (1999)** *Studies on the systemic availability of maternal and endogeneously produced immunoglobulin G1 and G2 in newborn calves by using newly developed ELISA systems* Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Germany); 81: S. 239-248.

**Exner U. und Deitmer J. (2007)** *Rinder Grippe wirksam bekämpfen.* Tiergesundheit und mehr; 03: S. 6-7

**Field M. und Semrad C.E. (1993)** *Toxigenic Diarrheas, Congenital Diarrheas, and Cystic Fibrosis: Disorders of Intestinal Ion Transport.* Annual Review of Physiology; 55: S. 631-655.

**Flower F.C. und Weary D.M. (2001)** *Effects of early separation on the dairy cow and calf:: 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth.* Applied Animal Behaviour Science; 70: S. 275-284.

**Foster D.M. und Smith G.W. (2009)** *Pathophysiology of Diarrhea in Calves.* Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice; 25: S. 13-36.

**Fridag G. und Goritz K. (1995)** *Erarbeitung verfahrenstechnischer Grundlagen zur rechnergestützten Haltung und zur Entwicklung naturnaher Haltungssysteme für Kälber.* In: *Abschlußbericht für die Deutsche Forschungsgemeinschaft.* Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität Weihenstephan

**Friedl J. (2015)** *Entwicklung der intestinalen Mikrobiota neugeborener Kälber pathogenetische und prophylaktische Aspekte.* Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

**Friedli K. (2005)** *Kälber mit Zugang zu Wasser sind gesünder und nehmen schneller zu.* BVET-Magazin; 5: S. 14

**Fröhner A. und Reiter K. (2005)** *Ursachen von Kälberverlusten bei Milchvieh und Möglichkeiten zur Reduzierung Literaturstudie für ein Forschungsprojekt ; Laufzeit: 2006 - 2008, 1. Aufl. edn.40 S. LfL, Freising*

**Fröhner A. (2011)** *Verhalten und Gesundheitsstatus von Kälbern in einem Außenklimastall in den Haltungssystemen Rein-Raus und kontinuierliche Belegung. Dissertation, Technische Universität München, LfL, Freising*

**García A., Ruiz-Santa-Quiteria J.A., Orden J.A., Cid D., Sanz R., Gómez-Bautista M. und de la Fuente R. (2000)** *Rotavirus and concurrent infections with other enteropathogens in neonatal diarrhea dairy calves in Spain. Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases; 23: S. 175-183.*

**Girnus D. (2004)** *Inzidenz und Verlauf von Neugeborenenendurchfall bei Kälbern in einem Praxisgebiet in Oberbayern. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München*

**Godden S.M., Fetrow J.P., Feirtag J.M., Green L.R. und Wells S.J. (2005)** *Economic analysis of feeding pasteurized nonsaleable milk versus conventional milk replacer to dairy calves. Journal of the American Veterinary Medical Association; 226: S. 1547-1554.*

**González L.A., Tolkamp B.J., Coffey M.P., Ferret A. und Kyriazakis I. (2008)** *Changes in Feeding Behavior as Possible Indicators for the Automatic Monitoring of Health Disorders in Dairy Cows. Journal of Dairy Science; 91: S. 1017-1028.*

**Gookin J.L., Nordone S.K. und Argenzio R.A. (2002)** *Host responses to Cryptosporidium infection. Journal of veterinary internal medicine / American College of Veterinary Internal Medicine; 16: S. 12-21.*

**Gottardo F., Mattiello S., Cozzi G., Canali E., Scanziani E., Ravarotto L., Ferrante V., Verga M. und Andrighetto I. (2002)** *The provision of drinking water to veal calves for welfare purposes.* Journal of Animal Science; 80: S. 2362-2372.

**Graf B., Verhagen N. und Sambraus H.-H. (1989)** *Reduzierung des Ersatzsaugens bei künstlich aufgezogenen Kälbern durch Fixierung nach dem Tränken oder Verlängerung der Saugzeit.* Züchtungskunde; 61: S. 384 - 400.

**Gropp J. und Pirkelmann H. (1992)** *Verdauungsphysiologische Anforderungen.* In: *Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren.* Ed Pirkelmann H. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrupp. 120 S.

**Gulliksen S.M., Lie K.I. und Osteras O. (2009)** *Calf health monitoring in Norwegian dairy herds.* Journal of Dairy Science; 92: S. 1660-1669.

**Hafez E.S. und Lineweaver J.A. (1968)** *Suckling behaviour in natural and artificially fed neonate calves.* Z Tierpsychol; 25: S. 187-198.

**Hamann J. und Heermann U. (1989)** *Untersuchungen zur Pathogenese der boviden Mastitis über den Vergleich des Milchentzuges durch Kalb und Melkmaschine : Saugverhalten von Kälbern und zeitlicher Charakterisierung des Saugvorgangs.* Milchwissenschaft; 44: S. 1-6.

**Hammer K. (1990)** *Tendenzen in der Verfahrenstechnik beim Rind.* In: *Thema "Angewandte Verhaltenskunde bei Nutztieren" Tagung der Fachgruppe Verhaltensforschung ; Grub b. München, 20. bis 22. März 1990.* Ed Grauvogl A. DVG, Giessen. 147 S. : Ill.

**Hammon H.M., Schiessler G., Nussbaum A. und Blum J.W. (2002)** *Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period.* Journal of Dairy Science; 85: S. 3352-3362.

**Hanzlicek G.A., White B.J., Mosier D., Renter D.G. und Anderson D.E. (2010)** *Serial evaluation of physiologic, pathological, and behavioral changes related to disease progression of experimentally induced Mannheimia haemolytica pneumonia in postweaned calves.* American journal of veterinary research; 71: S. 359-369.

**Happel F. (1963)** *Untersuchung der pneumatischen und mechanischen Belastungen der Zitze beim natürlichen Milchentzug durch das Kalb als Grundlage zur Beurteilung des Maschinenmelkens.* Tierärztliche Umschau 27: S. 493-600.

**Hepola H.P., Hanninen L.T., Raussi S.M., Pursiainen P.A., Aarnikoivu A.-M. und Saloniemi H.S. (2008)** *Effects of Providing Water from a Bucket or a Nipple on the Performance and Behavior of Calves Fed Ad Libitum Volumes of Acidified Milk Replacer.* Journal of Dairy Science; 91: S. 1486-1496.

**Hinderer A. (1997)** *Vergleich von Ad Libitum- und rationierter Milchtränkung bei jungen Kälbern mit akutem Durchfall.* Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

**Hinrichs B. (1992)** *Epidemiologische Untersuchungen über Abort-, Krankheits- und Todesursachen bei Sektionskälbern bis zu einem Alter von 6 Monaten im Weser-Ems-Gebiet.* Dissertation, Tierärztliche Hochschule, Hannover

**Hudson S.J. und Mullord M.M. (1977)** *Investigations of maternal bonding in dairy cattle.* Applied Animal Ethology; 3: S. 271-276.

**Hutchison H.G., Woof R., Mabon R.M., Salehe I. und Robb J.M. (1962)** *A study of the habits of zebu cattle in Tanganyika.* The Journal of Agricultural Science; 59: S. 301-317.

**Huuskonen A., Tuomisto L. und Kauppinen R. (2011)** *Effect of drinking water temperature on water intake and performance of dairy calves.* Journal of Dairy Science; 94: S. 2475-2480.

**Itle A.J., Huzzey J.M., Weary D.M. und von Keyserlingk M.A.G. (2015)** *Clinical ketosis and standing behavior in transition cows*. Journal of Dairy Science; 98: S. 128-134.

**Jasper J. und Weary D.M. (2002)** *Effects of Ad Libitum Milk Intake on Dairy Calves*. Journal of Dairy Science; 85: S. 3054-3058.

**Jenny B.F., Mills S.E., Johnston W.E. und O'Dell G.D. (1978)** *Effect of Fluid Intake and Dry Matter Concentration on Scours and Water Intake in Calves Fed Once Daily*. Journal of Dairy Science; 61: S. 765-770.

**Jensen M.B. (2006)** *Computer-Controlled Milk Feeding of Group-Housed Calves: The Effect of Milk Allowance and Weaning Type*. Journal of Dairy Science; 89: S. 201-206.

**Jonasson K. (2009)** *Aktivitet som sjukdomsmarkör på kalvar i gruppsystem = Activity as indicator of disease in calves in group systems*. Examensarbeit, Dept. of Anim. Environment and Health, SLU. , Uppsala

**Kalayci U. (2007)** *Ausreichend Wasser - auch im Winter*. dlz agrarmagazin; 2: S. 116 - 117.

**Kaske M. und Kunz H.-J. (2003)** *Handbuch Durchfallerkrankungen der Kälber*. 144 S. Kamlage-Verl., Osnabrück

**Kaske M., Smolka K. und Andresen U. (2008)** *Die neonatale Diarrhoe des Kalbes. I.Mitteilung: Ätiologie und Pathophysiologie*. Der praktische Tierarzt; 10: S. 852 - 859.

**Kaske M., Leister T., Smolka K., Andresen U., Kunz H., Kehler W., Schuberth H. und Koch A. (2009)** *Die neonatale Diarrhoe des Kalbes. IV. Mitteilung: Kälberdurchfall als Bestandsproblem: Die Bedeutung der Kolostrumversorgung*. Der praktische Tierarzt 8: S. 756 – 767.

**Kertz A.F., Reutzel L.F. und Mahoney J.H. (1984)** *Ad libitum water intake by neonatal calves and its relationship to calf starter intake, weight gain, feces score, and season.* Journal of Dairy Science; 67: S. 2964-2969.

**Kertz A.F., Prewitt L.R. und Ballam J.M. (1987)** *Increased weight gain and effects on growth parameters of Holstein heifer calves from 3 to 12 months of age.* Journal of Dairy Science; 70: S. 1612-1622.

**Kirchgeßner M. (2008)** *Tierernährung Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis*, 12., neu überarb. Aufl. edn.635 S. DLG-Verl., Frankfurt am Main

**Kirchner A. (1997)** *Zum Einfluss der Erkrankung von Aufzuchtkälbern auf ihr Verhalten bei der Aufnahme von Milchaustauschertränke, Kraftfutter und Wasser.* Diplomarbeit, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Klee W. (1989)** *Aspekte der Behandlung neugeborener Kälber mit akutem Durchfall.* Journal für die Großtierpraxis; 5: S. 6-9.

**Klindworth M., Nelle M. und Käck M. (2005)** *Individuelle Tränkwasserregistrierung bei Aufzuchtkälbern.* Landtechnik; 60: S. 2.

**Klindworth M., Käck M. und Nelle M. (2006)** *Tränkwasserversorgung in der Kälberaufzucht - Anforderungen, Messverfahren, Nutzen.* VDI-Berichte; 1935: S. 107 - 116. .

**Koch G. (1968)** *Ethologische Studien an Rinderherden unter verschiedenen Haltungsbedingungen.* Ludwig-Maximilians-Universität, München

**Kubaev S.K. und Kubaeva S.A. (1989)** *Das Verhalten von Kühen und Kälbern in verschiedenen Haltungsvarianten.* Zootechnika Moskau 8: S. 58-61.

**Lange K. (2011)** *Nichtparametrische Analyse diagnostischer Gütemaße bei Clusterdaten.* Georg-August-Universität, Göttingen

**Lechner M. (2014)** *Wasser-Serie Teil 1: Saufkomfort für Rinder. Tiergesundheit und mehr*; 03: S. 3-5.

**Ledgerwood D.N., Winckler C. und Tucker C.B. (2010)** *Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle*. Journal of Dairy Science; 93: S. 5129-5139.

**Lidfors L. und Jensen P. (1988)** *Behaviour of free-ranging beef cows and calves*. Applied Animal Behaviour Science; 20: S. 237-247.

**Lidfors L. (1999)** *Suckling behaviour in cattle (Bos Taurus) - an overview*. In: *Suckling - behavioural and physiological aspects problems and possibilities in ruminants*. Ed Symposium AI, Stockholm

**Lindemann E., Krockner M. und Kottenbeutel J. (1993)** *Kälberaufzucht an Tränkeautomaten in einem großen Milchviehbetrieb*. In: *Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 1. Internationalen Tagung vom 16. und 17. März 1993 in Gießen*. Ed Landtechnik If. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck., Niederkleen. 67 - 73

**Logan E.F., McBeath D.G. und Lowman B.G. (1974)** *Quantitative studies on serum immunoglobulin levels in suckled calves from birth to five weeks*. The Veterinary record; 94: S. 367-370.

**Lohninger H. (2012)** *ROC-Kurve*. [www.statistic4u.info/fundstat\\_germ/ee\\_classifier\\_roc\\_curve.html](http://www.statistic4u.info/fundstat_germ/ee_classifier_roc_curve.html). (abgerufen am: 30.08.2016)

**Lorenz I. (2004)** *Investigations on the influence of serum d-lactate levels on clinical signs in calves with metabolic acidosis*. The Veterinary Journal; 168: S. 323-327.



**Lorenz I. (2006)** *Diarrhoea of the young calf: an update*. 14. WORLD BUIATRICS CONGRESS 2006 - NICE, FRANCE, <http://www.ivis.org/proceedings/wbc/wbc2006/lorenz.pdf?LA=1>

**Lorenz I. (2009)** *d-Lactic acidosis in calves*. The Veterinary Journal; 179: S. 197-203.

**Lorrot M. und Vasseur M. (2007)** *How do the rotavirus NSP4 and bacterial enterotoxins lead differently to diarrhea?* Virology journal; 4: S. 1-6.

**Lührmann B. (2010)** *Jede Kälberkrankheit kostet richtig Geld!* Tiergesundheit und mehr; 2: S. 3-6.

**Maatje K., Verhoeff J., Kremer W., Crujisen A. und van den Ingh T. (1993)** *Automated feeding of milk replacer and health control of group-housed veal calves*. Veterinary Record; 133: S. 266-270.

**Marsh S.P.u.W., W. (2008)** *Computerised machine rearing systems for group housed dairy-bred bull calves*. New dairy information from BSAS: S.

**Mayer J. (2005)** *Krankheitsfrüherkennung bei Kälbern anhand automatisch erfasster Daten*. Diplomarbeit, Fachhochschule, Nürtingen

**Mayntz M. und Sender G. (2006)** *Mammalian post-natal test of vitality presented on a Bos taurus model*. Animal Science Papers and Reports; 24: S. 305-320.

**Mc Meekan C.P. (1954)** *Good rearing of dairy stock*. In: *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*, 1. Aufl. edn. Ed Porzig E. Dt. Landwirtschaftsverl., Berlin

**Meisinger I. (1998)** *Veränderungen im Saugverhalten von Kälbern am Tränkeautomaten bei Erkrankung.* Diplomarbeit, Universität Hohenheim, Stuttgart

**Melzian S. (2008)** *Futteraufnahmeverhalten und Milchleistung als Merkmale zur Früherkennung von Krankheiten bei Milchkühen.* Diplomarbeit, Universität Hohenheim,

**Metz J. und Metz J.H.M. (1984)** *Die Bedeutung der Mutter in der Umwelt des neugeborenen Kalbes Arbeiten zur artgerechten Tierhaltung.* KTBL - Schrift 307: S. 188 - 198.

**Metz J. (1987)** *Productivity aspects of keeping dairy cow and calf together in the post-partum period.* Livestock Production Science; 16: S. 385-394.

**Nicol A.M. und Sharafeldin M.A. (1975)** *Observations on the behaviour of single-suckled calves from birth to 120 days.* Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production; 35: S. 221-230.

**Niemeyer C. (1992)** *Untersuchungen zur Diätregelung bei der neonatalen Diarrhoe des Kalbes.* Dissertation, Ludwigs-Maximilians-Universität, München

**Noci B. (2010)** *Auswirkungen verschiedener Futterrationen auf das Wachstum und die Pansenentwicklung von Kälbern.* Dissertation, Freie Universität Berlin Berlin

**Odde K.G., Kiracofe G.H. und Schalles R.R. (1985)** *Suckling Behavior in Range Beef Calves.* Journal of Animal Science; 61: S. 307-309.

**Olson W.A. und Williams J.B.** *Behavior Patterns of calves when fed a milk replacer mechanically.* In: *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*, 1. Aufl. edn. Porzig E, ed. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverl. 1960: 404 S.

**Piatkowski B., Gürtler H. und Voigt J. (1990)** *Grundzüge der Wiederkäuer-Ernährung mit 131 Tabellen*, 1. Aufl. edn.236 S. . Fischer, Jena

**Pirkelmann H. (1981)** *Tränkedosierautomaten für die Kälberhaltung*. Landtechnik 36: S. 368 - 372.

**Pirkelmann H. (1992)** *Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren*.120 S. . Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrupp

**Pirkelmann H. und Schlichting M. (1992)** *Verfahrenstechnische Auswirkungen auf das Tierverhalten*. In: *Tiergerechte Kälberhaltung mit rechnergesteuerten Tränkeverfahren*. Ed Pirkelmann H. KTBL, Darmstadt 120 S.

**Pirkelmann H. (1994)** *Selbst trinkt das Kalb. Tränkeautomaten effektiv nutzen*. . dlz agrarmagazin; 9: S. 70-74.

**Pittgens S. (2010)** *Wasser – das wichtigste Futtermittel für Kühe*. Tiergesundheit und mehr; 03: S. 9-11.

**Porzig E. (1969)** *Das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*. Dt. Landwirtschaftsverl., Berlin. 430 S.

**Porzig E. (1991)** *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*, 1. Aufl. edn.404 S. . Dt. Landwirtschaftsverl., Berlin

**Quigley J.D. (2001)** *Does Hay Develop the Rumen?* <http://www.calfnotes.com/pdf/CN019.pdf>. (abgerufen am: 05.05.2016)

**Rademacher G. (2003)** *Klinische Untersuchung des Rindes und Differenzialdiagnose praxisrelevanter Leitsymptome*. . Tierärztliche Umschau; 58: S. 283 - 294.

**Rademacher G. (2007a)** *Nabelentzündung: Risiko gezielt ausschalten*. Top Agrar; 02: S. R 26 - R28.

**Rademacher G. (2007b)** *Kälberkrankheiten Ursachen und Früherkennung ; neue Wege zur Vorbeugung und Behandlung*, 2. Aufl. edn.159 S. . Ulmer, Stuttgart

**Rademacher G. (2012)** *Optimale Kolostrumversorgung ist die Basis für gesunde Kälber*. Tiergesundheit und mehr; 02: S. 12 - 15.

**Reinhardt V. und Reinhardt A. (1981)** *Natural sucking performance and age of weaning in zebu cattle (Bos indicus)*. Journal of Agricultural Science; 96: S. 309 - 312.

**Reski-Weide B. (2013)** *Inzidenz der Neugeborenenendiarrhoe bei Kälbern in Abhängigkeit von exogenen Faktoren-eine Praxisstudie*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

**Richard A.L., Heinrichs A.J. und Muller L.D. (1988)** *Feeding Acidified Milk Replacer Ad Libitum to Calves Housed in Group Versus Individual Pens*. Journal of Dairy Science; 71: S. 2203-2209.

**Richter G., Dunkel S., Löhnert H.J., Ochrimenkound W.I. und Arnhold W. (2007)** *Zum Wasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere*. Tierärztliche Rundschau 62: S. 370–373.

**Riese G., Klee G. und Sambraus H.-H. (1977)** *Das Verhalten von Kälbern in verschiedenen Haltungsformen*. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift; 84: S. 373-412.

**Ritter H.C. und Walser K. (1965)** *Über das Saugverhalten der Kälber in Mutterkuhherden unter der besonderen Berücksichtigung der Eutergesundheit der Milchkühe*. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch; 42: S. 324-328.

**Roth B.A., Hillmann E., Stauffacher M. und Keil N.M. (2008)** *Improved weaning reduces cross-sucking and may improve weight gain in dairy calves.* Applied Animal Behaviour Science; 111: S. 251-261.

**Roth B.A. (2008)** *The effect of artificial rearing on the development of sucking behaviour, performance and stress reactivity in dairy calves.* Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

**Roy J. (1990)** *The Calf.* Butterworths, London

**Rudolphi B. (2004)** *Normwerte für die Gewichtsentwicklung weiblicher Kälber und Jungrinder.* <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=91>. (abgerufen am: 20.03.2016)

**Ruffer U. (2005)** *Die Atemwege – die Achillesferse der Rinder.* Tiergesundheit und mehr; 02: S. 3-5

**Samraus H.-H. und Steinell H. (1978)** *Das Sozialverhalten gruppengehaltener Kälber.* Berliner Und Münchener Tierärztliche Wochenschrift; 91: S. 337-341.

**Samraus H.H. und Brummer H. (1978)** *Nutztierethologie*

*das Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Eine angewandte Verhaltenskunde für die Praxis.* Parey, Berlin

**Samraus H.H. (1990a)** *Thema "Angewandte Verhaltenskunde bei Nutztieren"*

*Tagung der Fachgruppe Verhaltensforschung ; Grub b. München, 20. bis 22. März 1990.* 147 S. : Ill. DVG, Giessen

**Samraus H.H. (1990b)** *Verhalten des Rindes. In: Thema "Angewandte Verhaltenskunde bei Nutztieren"*

*Tagung der Fachgruppe Verhaltensforschung ; Grub b. München, 20. bis 22. März 1990.* Ed Grauvogl A. DVG, Giessen. 147 S.

**Sanftleben P., Risse R. und Bilska A. (2002)** *Einfluss der Versorgung mit einem Kälberstarterfutter auf Leistung, Futteraufnahme und Pansenentwicklung von Tränkkälbern.* . Neue Landwirtschaft; 1: S. 56 - 59.

**Schake L.M. und Riggs J.K. (1970)** *Activities of Beef Calves Reared in Confinement.* In: *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*, 1. Aufl. edn. Ed Porzig E. Dt. Landwirtschaftsverl., Berlin. 404 S.

**Scharrer E. und Wolfram S.** *Funktion des Dünndarms und seiner Anhangdrüsen*  
In: *Physiologie der Haustiere.* v. Engelhard W; Brewes G, eds. Stuttgart: Enke Verlag 2000: 369-393.

**Scheunert A. (1987)** *Lehrbuch der Veterinär-Physiologie*, 7., völlig Neubearb. Aufl. / hrsg. von Günter Wittke. Unter Mitarb. von Elmar Bamberg ... edn. 721 S. Parey, Berlin u.a.

**Scheurmann E. (1974)** *Ethologische Aspekte neuzeitlicher Kalberhaltung.* Der Praktische Tierarzt; 55: S. 206.

**Schlichting M.C.** *Haltungsorientierte Beispiele zur Verhaltensanpassung beim Rind.* In: *Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1992 : Vorträge anlässlich der 24. Internationalen Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei Nutztieren der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft e.V., Fachgruppe Verhaltensforschung vom 19.-21. November 1992 in Freiburg/Breisgau.* Internationale Arbeitstagung Angewandte Ethologie bei N, ed. Münster-Hiltrup: KTBL-Schrift 1993:

**Schloeth R. (1958)** *Über die Mutter-Kind-Beziehung des halbwilden Camargue-Rindes.* In: *Nahrungsaufnahmeverhalten landwirtschaftlicher Nutztiere*, 1. Aufl. edn. Ed Porzig E. Dt. Landwirtschaftsverl., Berlin

**Schrader L., Bünger B., Marahrens M., Müller-Arnke I., Otto C., Schäffer D. und Zerbe F. (2006)** *Verhalten von Rindern. In: Anforderungen an eine tiergerechte Nutztierhaltung* KTBL-Schrift, Darmstadt. S. 16-19

**Schrag L. (1980)** *Gesunde Kälber, gesunde Rinder die wichtigsten Krankheiten in Aufzucht u. Mast; Erkennung, Vorbeuge, Behandlung.* Schober, Hengersberg (u.a.)

**Schwab W. (2007)** *Tierische Erzeugung Bedeutung der Veredlungswirtschaft, Grundlagen der Fütterung, Grundlagen der Tierzucht, Funktion und Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude, Rinderhaltung und -fütterung, Rinderzucht, Schweinehaltung und -fütterung, Schweinezucht, Tiergesundheit und Tierschutz, weitere Nutztiere, ökologische Tierhaltung, Futtermittelkunde, 12., völlig neu bearb. und erw. Aufl. edn.976 S. BLV, München*

**Seemann G. (1993)** *Untersuchungen über die therapeutische Wirksamkeit des Huminsäuren-Präparates "Dysticum" bei der Neugeborenenendiarrhoe des Kalbes.* Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

**Selman I.E., McEwan A.D. und Fisher E.W. (1970)** *Studies on natural suckling in cattle during the first eight hours post partum II. Behavioural studies (calves).* Animal Behaviour; 18, Part 2: S. 284-289.

**Soberon F., Raffrenato E., Everett R.W. und Van Amburgh M.E. (2012)** *Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves.* Journal of Dairy Science; 95: S. 783-793.

**Spreng V. (2007)** *Krankheitsfrüherkennung in einem vernetzten Kälberaufzuchtssystem.* Landtechnik SH; 62: S. 294-295.

**Spreng V. (2011)** *Analyse der Futteraufnahme und Vormagenentwicklung beim Kalb aus Prozessdaten einer multisensorischen Kälberaufzuchtanlage.* Dissertation, Technische Universität, München

**Stamey J.A., Janovick N.A., Kertz A.F. und Drackley J.K. (2012)** *Influence of starter protein content on growth of dairy calves in an enhanced early nutrition program* Journal of Dairy Science; 95: S. 3327-3336.

**Stein M. (2002)** *Lungenentzündung Rascher und sicherer zum Therapieerfolg.* Tiergesundheit und mehr; 01: S. 3-5.

**Stöber M.H.** *Krankheiten der Atmungsorgane, des Zwerchfells und der Brustwand.* In: *Innere Medizin und Chirurgie des Rindes*, 5. Aufl., unveränd. Nachdr. der 4. Aufl. edn. Dirksen G, ed. Stuttgart: Parey 2006: 1325 S.

**Svensson C., Lundborg K., Emanuelson U. und Olsson S.-O. (2003)** *Morbidity in Swedish dairy calves from birth to 90 days of age and individual calf-level risk factors for infectious diseases.* Preventive Veterinary Medicine; 58: S. 179-197.

**Svensson C., Linder A. und Olsson S.-O. (2006)** *Mortality in Swedish Dairy Calves and Replacement Heifers.* Journal of Dairy Science; 89: S. 4769-4777.

**Svensson C. und Jensen M.B. (2007)** *Short Communication: Identification of Diseased Calves by Use of Data from Automatic Milk Feeders.* Journal of Dairy Science; 90: S. 994-997.

**Swanson E.W. und Harris J.D. (1958)** *Development of Rumination in the Young Calf.* Journal of Dairy Science; 41: S. 1768-1776.

**Swartz T.H., McGilliard M.L. und Petersson-Wolfe C.S. (2016)** *Technical note: The use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves.* Journal of Dairy Science; 99: S. 9109-9113.

**Sweeney B.C., Rushen J., Weary D.M. und de Passillé A.M. (2010)** *Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk.* Journal of Dairy Science; 93: S. 148-152.



**TierSchNutzTV. (2006)** *Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung von 22.August 2006, die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung von 14.April 2016 (BGBl S 758) geändert worden ist.* [www.gesetze-im-](http://www.gesetze-im-internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG00020137)

[internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG00020137](http://internet.de/tierschnutztv/BJNR275800001.html#BJNR275800001BJNG00020137)  
7. (abgerufen am: 22.09.2016)

**Tizard I.R. (2000)** *Veterinary immunology an introduction*, 6. ed. edn.482 S. . Saunders, Philadelphia, PA

**Tzipori S. (1985)** *The relative importance of enteric pathogens affecting neonates of domestic animals.* Advances in veterinary science and comparative medicine; 29: S. 103-206.

**Ulbrich M., Hoffmann M. und Drochner W. (2004)** *Fütterung und Tiergesundheit.*416 S. Ulmer, Stuttgart

**Vennmann W. (1953)** *Das Maschinenmelken im Vergleich zum Handmelken und Kälbersaugen.* Der Tierzüchter; 5: S. 21.

**Ventorp M. und Michanek P. (1991)** *Cow-calf behaviour in relation to first suckling.* Research in veterinary science; 51: S. 6-10.

**Verhülsdonk C., Siebers H. und Pries M. (2011)** *Wachstum von Kälbern bei unterschiedlicher Konzentration des Milchaustauschers.* Forum angewandte Forschung 06./07.04.2011: S. 4.

**Vitale A.F., Tenucci M., Papini M. und Lovari S. (1986)** *Social behaviour of the calves of semi-wild Maremma cattle, Bos primigenius taurus.* Applied Animal Behaviour Science; 16: S. 217-231.

**Waldner D. (1998)** *The Role of Forage in Rumen Development.* Kansas State Univ. & Oklahoma State Univ. Dairy Lines,. 1-2

**Walker D.E. (1962)** *Suckling and grazing behaviour of beef heifers and calves.* New Zealand Journal of Agricultural Research Department of Scientific and Industrial Research, Wellington, New Zealand; 5: S. 331-338.

**Weary D.M., Huzzey J.M. und von Keyserlingk M.A.G. (2009)** *BOARD-INVITED REVIEW: Using behavior to predict and identify ill health in animals.* Journal of Animal Science; 87: S. 770-777.

**Wendt K. (1994)** *Euter- und Gesäugekrankheiten: mit 87 Tabellen.* 531 S. . Fischer, Jena

**Wenge J., Steinhöfel I., Heinrich C., Coenen M. und Bachmann L. (2014)** *Water and concentrate intake, weight gain and duration of diarrhea in young suckling calves on different diets.* Livestock Science; 159: S. 133-140.

**White B.J., Anderson D.E., Renter D.G., Larson R.L., Mosier D.A., Kelly L.L., Theurer M.E., Robert B.D. und Walz M.L. (2012)** *Clinical, behavioral, and pulmonary changes in calves following inoculation with Mycoplasma bovis.* American journal of veterinary research; 73: S. 490-497.

**Wieland M.-J. (2010)** *Nabelerkrankungen des Kalbes.* Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München

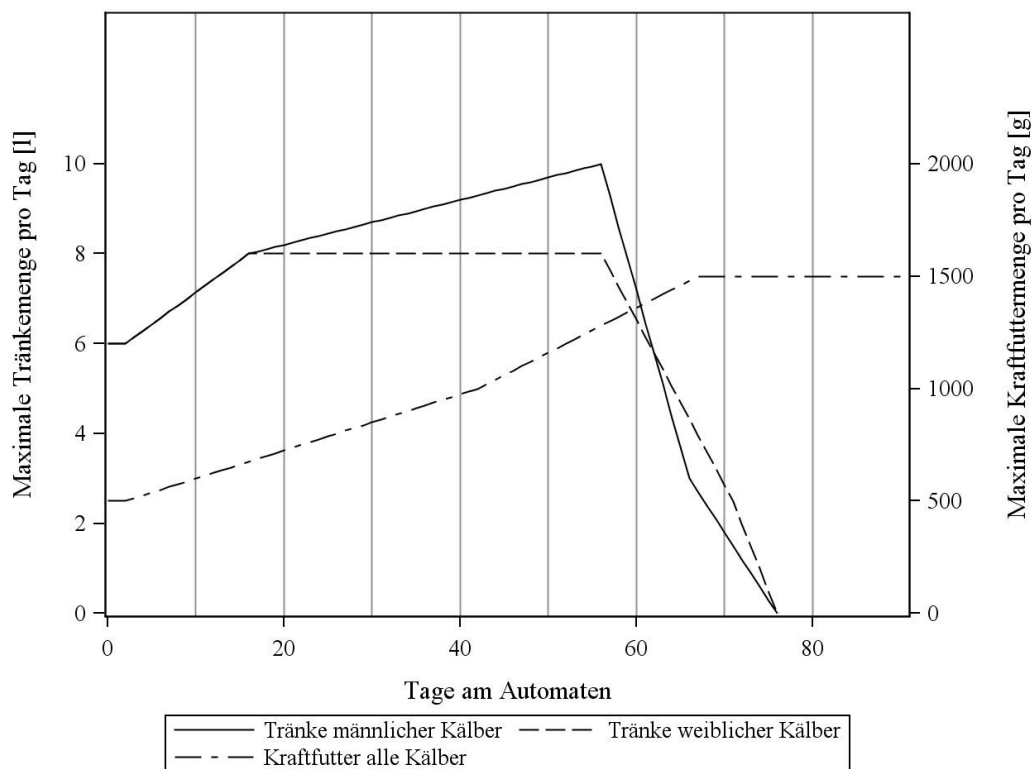
**Wing J.M. (1961)** *Preference of Calves for a Concentrate Feed with and Without Artificial Flavors1.* Journal of Dairy Science; 44: S. 725-727.

**Wolf M. und Richter T. (2000)** *Beobachtungen zum Verhalten von Kälbern während der Milchaufnahme an der Mutterkuh.* Diplomarbeit, Fachhochschule, Nürtingen

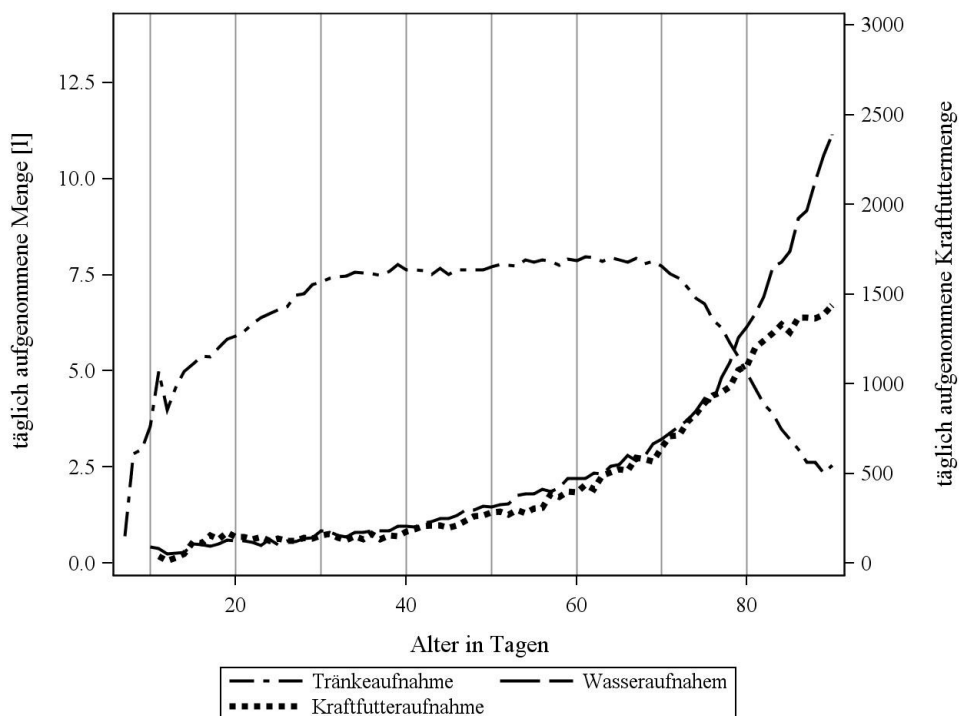
**Zaremba W. und Heuwieser W.** *Postnatale Phase.* In: *Buiatrik Band I Euterkrankheiten, Geburtshilfe und Gynäkologie, Andrologie und Besamung.* Grunert EH, ed. Hannover: Verl. M.&H. Schaper 1984: 188-190.

## X Anhang

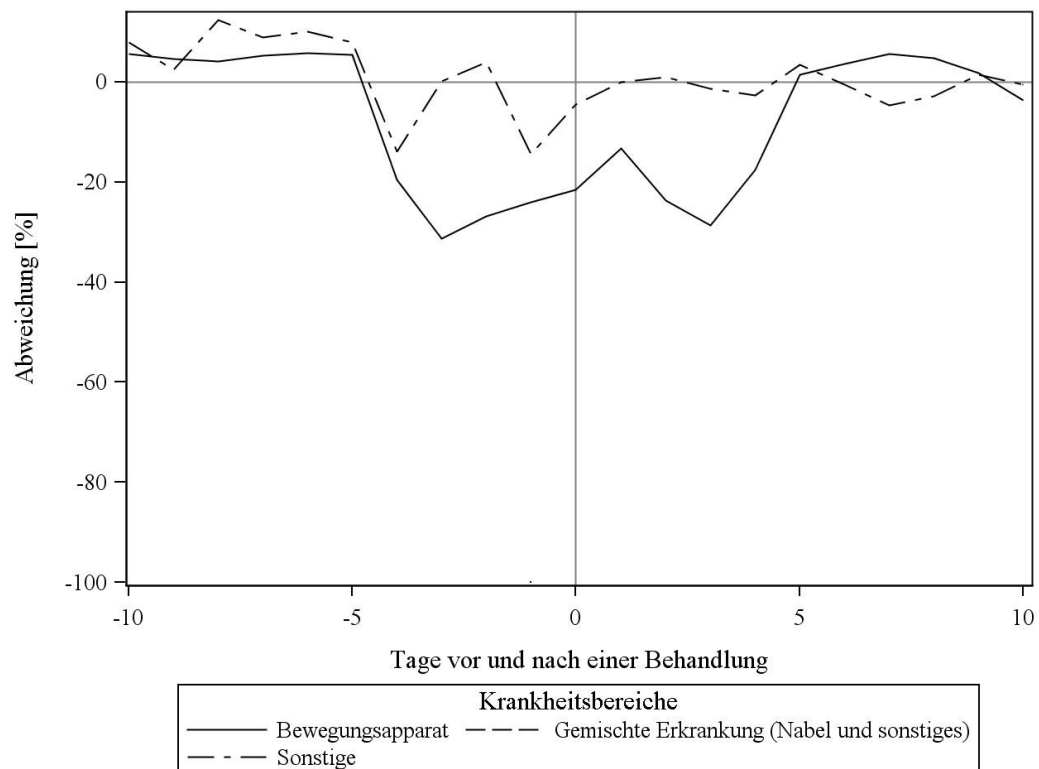
**Anhang 1:** Tränke- und Kraftfutterplan für männliche und weibliche Kälber im Versuchszeitraum



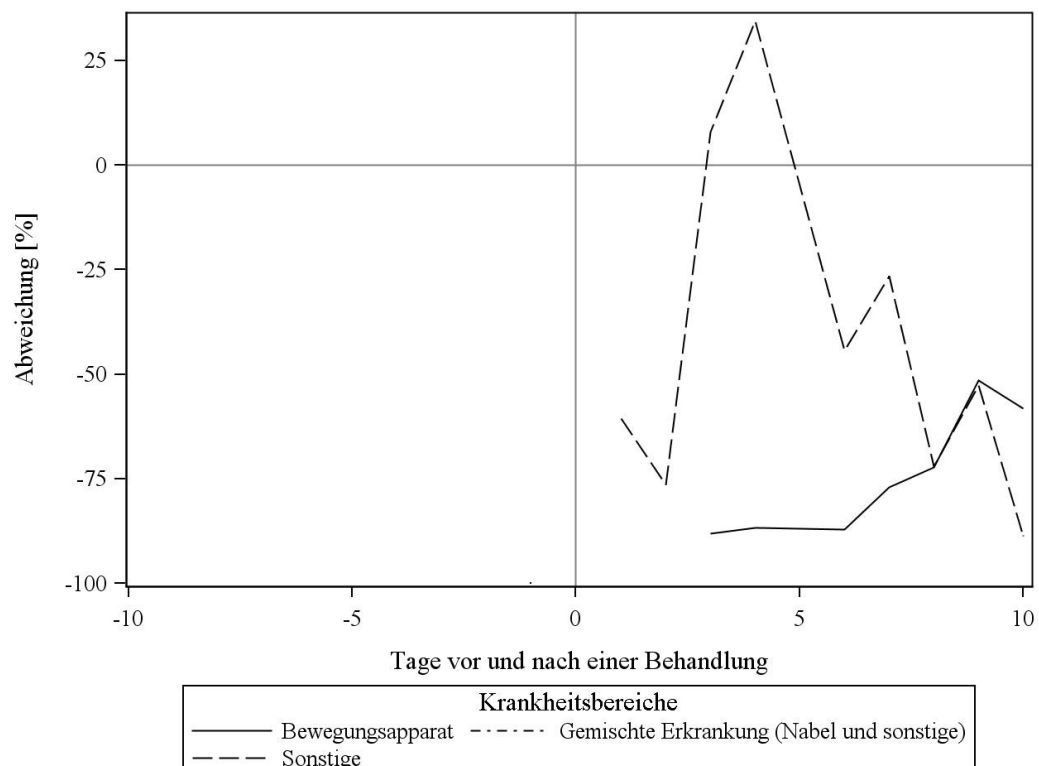
**Anhang 2:** Verlaufskurven der mittleren Tagesaufnahmen für Tränke, Kraftfutter und Wasser für gesunde und kranke Kälber



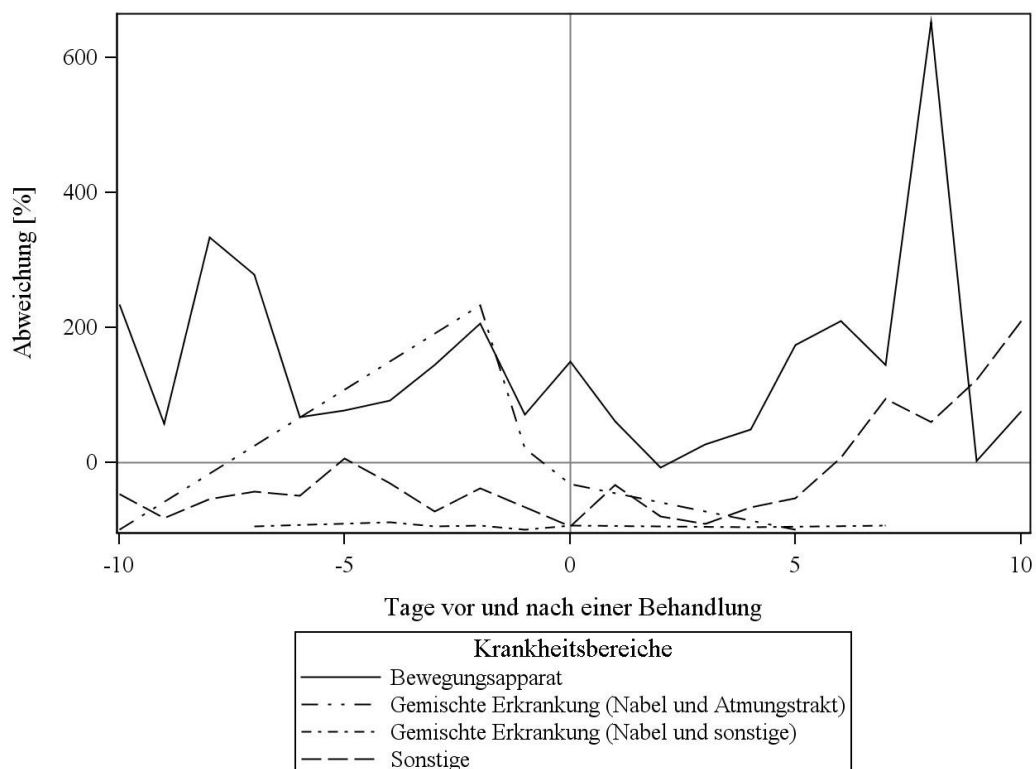
**Anhang 3:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Tränkeaufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über die restlichen Erkrankungen



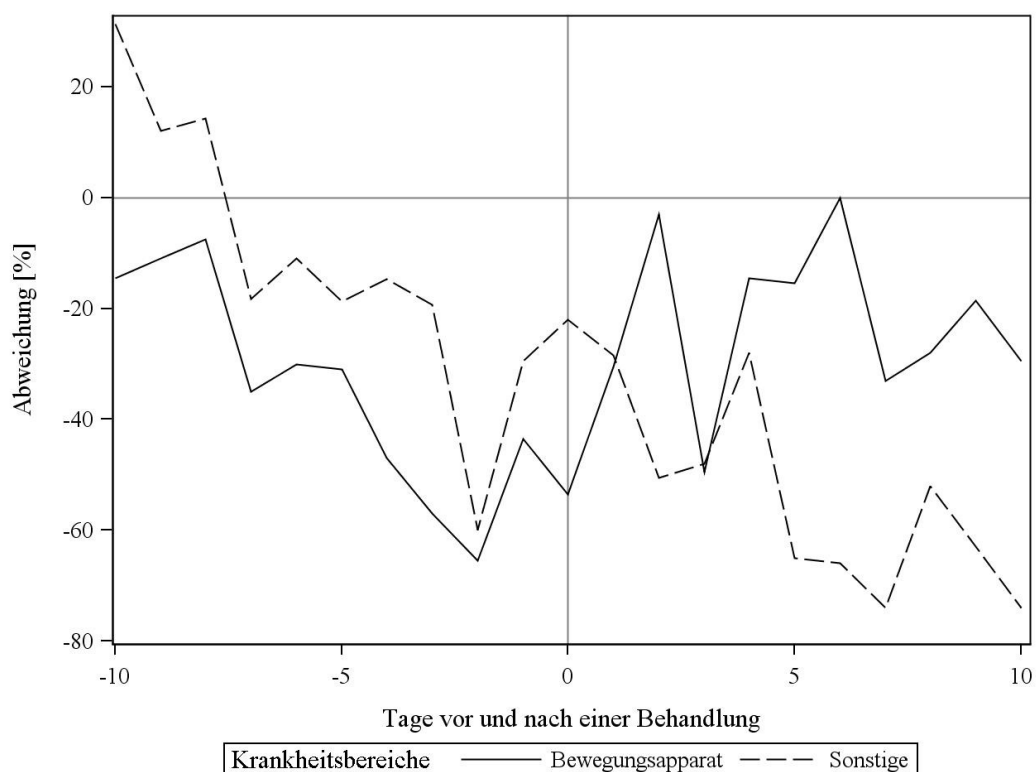
**Anhang 4:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Kraftfutteraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über die restlichen Erkrankungen



**Anhang 5:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Wasseraufnahme pro kg metabolisches Körpergewicht der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über die restlichen Erkrankungen



**Anhang 6:** Verlauf der prozentualen Abweichung der mittleren täglichen Schrittzahl der kranken Tiere im Verhältnis zu den gesunden Tieren über die restlichen Erkrankungen



**Anhang 7:** Definition der Alarmcodes bei Abweichungen vom Grenzwert für die Tagesschrittzahl über einen Zeitraum von zwei Tagen und vom Grenzwert für die Tagesmilchmenge über einen Zeitraum von einem Tag (Alarmsystem 1)

Schritte		Milch	Alarmcode
Letzte Messung	Aktuelle Messung	Aktuelle Messung	
↑	↑	↑	1
↑	↓	↑	2
↓	↑	↑	2
↓	↓	↑	2
↓	↓	↓	5
↓	↑	↓	3
↑	↓	↓	3
↑	↑	↓	4

↑ gemessener Wert über dem Grenzwert  
 ↓ gemessener Wert unter dem Grenzwert

**Anhang 8:** Definition der Alarmcodes bei Abweichungen vom Grenzwert für die Tagesschrittzahl über einen Zeitraum von drei Tagen und vom Grenzwert für die Tagesmilchmenge über einen Zeitraum von einem Tag (Alarmsystem 2)

Schritte			Milch	Alarmcode
Vorletzte Messung	Letzte Messung	Aktuelle Messung	Aktuelle Messung	
↑	↑	↑	↑	1
↑	↓	↑	↑	2
↑	↑	↓	↑	2
↑	↓	↓	↑	2
↓	↓	↓	↑	2
↓	↓	↑	↑	2
↓	↑	↓	↑	2
↑	↑	↑	↓	4
↑	↓	↑	↓	3
↑	↑	↓	↓	3
↑	↓	↓	↓	3
↓	↓	↓	↓	5
↓	↓	↑	↓	3
↓	↑	↓	↓	3
↓	↑	↑	↓	3

↑ gemessener Wert über dem Grenzwert  
 ↓ gemessener Wert unter dem Grenzwert

**Anhang 9:** Definition der Alarmcodes bei Abweichungen vom Grenzwert für die Tagesschrittzahl über einen Zeitraum von zwei Tagen und vom Grenzwert für die Tagesmilchmenge über einen Zeitraum von zwei Tagen (Alarmsystem 3)

Schritte		Milch		Alarmcode
Letzte Messung	Aktuelle Messung	Letzte Messung	Aktuelle Messung	
↑	↑	↑	↑	1
↑	↓	↑	↑	2
↓	↑	↑	↑	2
↓	↓	↑	↑	2
↑	↑	↓	↑	4
↑	↓	↓	↑	3
↓	↑	↓	↑	3
↓	↓	↓	↑	3
↑	↑	↑	↓	4
↑	↓	↑	↓	3
↓	↑	↑	↓	3
↓	↓	↑	↓	3
↑	↑	↓	↓	4
↑	↓	↓	↓	3
↓	↑	↓	↓	3
↓	↓	↓	↓	5

↑ gemessener Wert über dem Grenzwert,  
 ↓ gemessener Wert unter dem Grenzwert

**Anhang 10:** Definition der Alarmcodes bei Abweichungen vom Grenzwert für die Tagesschrittzahl über einen Zeitraum von drei Tagen und vom Grenzwert für die Tagesmilchmenge über einen Zeitraum von zwei Tagen (Alarmsystem 4)

Schritte			Milch		Alarmcode
Vorletzte Messung	Letzte Messung	Aktuelle Messung	Letzte Messung	Aktuelle Messung	
↑	↑	↑	↑	↑	1
↑	↓	↑	↑	↑	2
↑	↑	↓	↑	↑	2
↑	↓	↓	↑	↑	2
↓	↓	↓	↑	↑	2
↓	↓	↑	↑	↑	2
↓	↑	↓	↑	↑	2
↓	↑	↑	↑	↑	1
↑	↑	↑	↓	↑	4
↑	↓	↑	↓	↑	3
↑	↑	↓	↓	↑	3
↑	↓	↓	↓	↑	3
↓	↓	↓	↓	↑	3
↓	↓	↑	↓	↑	3
↓	↑	↓	↓	↑	3
↓	↑	↑	↓	↑	3
↑	↑	↑	↓	↓	4
↑	↓	↑	↑	↓	3
↑	↑	↓	↑	↓	3
↑	↓	↓	↑	↓	3
↓	↓	↓	↑	↓	3
↓	↓	↑	↑	↓	3
↓	↑	↓	↑	↓	3
↓	↑	↓	↑	↓	3
↓	↑	↑	↑	↓	3
↑	↑	↑	↓	↓	4
↑	↓	↑	↓	↓	3
↑	↑	↓	↓	↓	3
↑	↓	↓	↓	↓	3
↓	↓	↓	↓	↓	1
↓	↓	↑	↓	↓	3
↓	↑	↓	↓	↓	3
↓	↑	↑	↓	↓	3

↑ gemessener Wert über dem Grenzwert,  
↓ gemessener Wert unter dem Grenzwert



**Anhang 11:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 1 bei einem Cut-Off-Wert von 5864 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
0	2	5	3	0	10	20
1	1	6	5	0	5	17
2	5	4	4	0	4	17
3	3	4	3	3	3	16
4	2	5	3	5	1	16
5	4	6	1	3	0	14
6	2	6	2	2	1	13
7	2	7	2	3	1	15
8	6	4	3	2	1	16
9	7	1	0	3	2	13
10	4	3	2	2	2	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 12:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 2 bei einem Cut-Off-Wert von 5864 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
0	2	5	5	3	0	20
1	1	6	6	0	4	17
2	4	5	6	0	2	17
3	2	5	4	3	2	16
4	2	5	4	4	1	16
5	3	7	3	1	0	14
6	1	7	2	2	1	13
7	1	8	4	1	1	15
8	6	4	3	2	1	16
9	4	4	1	2	2	13
10	3	4	4	0	2	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 13:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 3 bei einem Cut-Off-Wert von 5864 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>0</b>	2	2	8	0	8	20
<b>1</b>	1	2	9	0	5	17
<b>2</b>	3	3	5	2	4	17
<b>3</b>	3	2	7	3	1	16
<b>4</b>	1	4	5	6	1	16
<b>5</b>	2	3	4	5	0	14
<b>6</b>	2	6	2	2	1	13
<b>7</b>	2	3	6	3	1	15
<b>8</b>	5	2	5	3	1	16
<b>9</b>	6	0	1	4	2	13
<b>10</b>	4	3	2	2	2	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 14:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 4 bei einem Cut-Off-Wert von 5864 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>0</b>	1	3	10	0	6	20
<b>1</b>	1	4	8	0	4	17
<b>2</b>	2	4	7	2	2	17
<b>3</b>	2	3	8	3	0	16
<b>4</b>	1	4	6	5	0	16
<b>5</b>	1	6	4	3	0	14
<b>6</b>	1	7	2	2	1	13
<b>7</b>	1	8	4	1	1	15
<b>8</b>	5	4	3	3	1	16
<b>9</b>	4	3	2	2	2	13
<b>10</b>	3	4	4	0	2	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 15:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 1 bei einem Cut-Off-Wert von 5000 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
0	4	4	5	1	6	20
1	4	4	3	3	3	17
2	6	7	1	0	3	17
3	5	6	1	2	2	16
4	4	7	2	3	0	16
5	8	3	1	2	0	14
6	7	3	2	1	0	13
7	8	1	2	3	1	15
8	10	1	3	1	1	16
9	9	0	1	2	1	13
10	6	1	1	4	1	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 16:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 2 bei einem Cut-Off-Wert von 5000 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
0	3	5	6	1	5	20
1	3	5	5	2	2	17
2	5	8	3	0	1	17
3	4	7	4	1	0	16
4	4	7	3	2	0	16
5	7	4	2	1	0	14
6	7	3	2	1	0	13
7	7	2	4	1	1	15
8	10	1	4	1	0	16
9	8	1	1	2	1	13
10	5	2	4	2	3	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 17:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 3 bei einem Cut-Off-Wert von 5000 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>0</b>	3	3	7	2	5	20
<b>1</b>	4	2	7	3	1	17
<b>2</b>	5	2	8	1	1	17
<b>3</b>	3	4	4	4	1	16
<b>4</b>	2	3	6	5	0	16
<b>5</b>	7	2	2	3	0	14
<b>6</b>	7	1	4	1	0	13
<b>7</b>	8	0	3	3	1	15
<b>8</b>	9	1	3	2	1	16
<b>9</b>	7	0	1	4	1	13
<b>10</b>	6	1	1	4	1	13

**Anhang 18:** Verteilung der Alarmcodes bei den kranken Tieren für das Alarmsystem 4 bei einem Cut-Off-Wert von 5000 Schritten für die Tagesschrittzahl und von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

Tage vor Erkrankung	Alarmcode					Anzahl gesamt
	1	2	3	4	5	
<b>0</b>	2	4	8	1	4	20
<b>1</b>	3	4	7	2	1	17
<b>2</b>	4	5	7	1	0	17
<b>3</b>	2	5	6	3	0	16
<b>4</b>	2	5	5	4	0	16
<b>5</b>	6	3	3	2	0	14
<b>6</b>	7	2	3	1	0	13
<b>7</b>	7	2	4	1	1	15
<b>8</b>	9	1	4	2	0	16
<b>9</b>	6	1	1	4	1	13
<b>10</b>	5	2	4	2	0	13

Alarmcode: 1 gesund 4 Krankheitsverdächtig (Milchmenge)  
 2 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl) 5 Krank  
 3 Krankheitsverdächtig (Schrittzahl und Milchmenge)

**Anhang 19:** Kreuztabelle für Alarmtest 1 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5864 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	10	309	319
<b>Test negativ</b>	7	3444	3451
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 20:** Kreuztabelle für Alarmtest 2 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5864 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	10	433	443
<b>Test negativ</b>	7	3320	3327
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 21:** Kreuztabelle für Alarmtest 3 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5864 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	14	593	607
<b>Test negativ</b>	3	3160	3163
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 22:** Kreuztabelle für Alarmtest 4 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5864 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	12	544	556
<b>Test negativ</b>	5	3209	3214
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 23:** Kreuztabelle für Alarmtest 1 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5000 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	6	138	144
<b>Test negativ</b>	11	3615	3626
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 24:** Kreuztabelle für Alarmtest 2 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5000 Schritten für die Tagesschritte und

einem Cut-Off-Wert von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	7	222	229
<b>Test negativ</b>	10	3531	3541
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 25:** Kreuztabelle für Alarmtest 3 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5000 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,0 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	8	310	318
<b>Test negativ</b>	9	3443	3452
<b>Summe</b>	17	3753	3770

**Anhang 26:** Kreuztabelle für Alarmtest 2 zum Bezugspunkt einen Tag vor Behandlung bei einem Cut-Off Wert von 5864 Schritten für die Tagesschritte und einem Cut-Off-Wert von 6,5 Liter für die Tagesmilchmenge

	krank	gesund	Summe
<b>Test positiv</b>	8	300	308
<b>Test negativ</b>	9	3453	3462
<b>Summe</b>	17	3753	3770

## **XI Danksagung**

Herrn Prof. Dr. Klaus Reiter aus dem Institut für Tier und Technik der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub danke ich für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte Unterstützung.

Herrn Prof. Dr. Dr. Michael Erhard, Leiter des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Tierärztlichen Fakultät der LMU München, danke ich für die Vertretung der Arbeit an der Tierärztlichen Fakultät der LMU München.

Frau Dr. Ariane Fröhner danke ich für die Erhebung der Daten im Rahmen des Forschungsprojektes „Ursachen von Kälberverlusten bei Milchkühen und Möglichkeiten zur Reduzierung“ und für die Bereitstellung von Information.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Elke Rauch aus dem Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Tierärztlichen Fakultät der LMU München für die freundliche Betreuung und das unermüdliche Korrekturlesen.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Herrn PD Dr. Sven Reese aus dem Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie der Tierärztlichen Fakultät der LMU München, für die freundliche Betreuung, die jederzeit gewährte Unterstützung und die Durchführung statistischer Berechnungen danken.

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern des Institutes Tier und Technik der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub für die fachliche Unterstützung bei Erstellung dieser Arbeit.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank meiner Familie. Meinen Eltern danke ich für die Unterstützung in der Studienzeit und meiner Frau Bianca für ihr großes Verständnis, ihre Motivation und für die Schaffung von Freiräumen, die zur Erstellung dieser Arbeit nötig waren.

DANKE Bianca!